

**LA RAPPRESENTAZIONE
AVANZATA
IN REALTÀ MIXATA**
**CONSIDERAZIONI CRITICO/ANALITICHE
E SPERIMENTAZIONI APPLICATIVE**

Sara Eliche

Tutor: Giulia Pellegrì
Cotutor: Thibault Guillamont

Dottorato di Ricerca in Architettura e Design
XXXII Ciclo - Curriculum Architettura

Sede del Dottorato
Università degli Studi di Genova -Scuola Politecnica Ingegneria e Architettura
Dipartimento Architettura e Design

PhD Student
Sara Eliche

Tutor
Prof.ssa Giulia Pellegrini
Cotutor
Thibault Guillaumont

Indice

Abstract

Capitolo 01 Introduzione

- 1.1 Ipotesi iniziale
- 1.2 Obiettivi della ricerca
- 1.3 Metodologia
- 1.4 Risultati

Capitolo 02 Patrimonio culturale: percorso attraverso il quadro delle raccomandazioni internazionali

- 2.1 Raccomandazioni internazionali in materia di patrimonio culturale
- 2.2 Le convenzioni dell'UNESCO
- 2.3 Il campo di applicazione della Carta di Londra
 - 2.3.1 I Principi della Carta
 - 2.3.2 Principio 2: Obiettivi e metodi
 - 2.3.3 Principio 3: Fonti di ricerca
 - 2.3.4 Principio 4: Documentazione
 - 2.3.5 Principio 5: Sostenibilità
 - 2.3.6 Principio 6: Accessibilità
- 2.4 Il campo di applicazione della Carta di Siviglia
 - 2.4.1 Principio 1: Interdisciplinarietà
 - 2.4.3 Principio 3: Complementarità
 - 2.4.4 Principio 4: Autenticità
 - 2.4.5 Principio 5: Rigore storico
 - 2.4.6 Principio 6: Efficienza
 - 2.4.7 Principio 7: Trasparenza scientifica
 - 2.4.8 Principio 8: Formazione e valutazione

Capitolo 03. Il Rilievo come modello mentale: riflessioni preliminari sulle modalità di acquisizione dei dati e sulla restituzione grafica

- 3.1 Finalità del Rilievo
- 3.2 Il Rilievo come strumento conoscitivo unificato
- 3.3 Fotogrammetria

3.4 Laser scanning: dal 3d al 2d

3.5 Sperimentazioni e applicazioni

3.5.1 Villa Serra Doria Monticelli in San Pier D'Arena, Genova :
ottimizzazione della testurizzazione delle volte affrescate basata sulla
modellazione delle immagini

3.5.2 Un'esperienza di rilievo de Beni Culturali e di rappresentazione
inclusiva per l'accessibilità museale.

3.5.3 Bigrin

Capitolo 04 Metodologie integrate di rilievo e interrogazione dei modelli 3D del costruito

4.1 Il modello

4.2 Dalla misura al modello digitale: documenti di analisi con relativi
modelli materiali e immateriali della fabbrica

4.3 Rappresentazione digitale e architettura virtuale: alcune
considerazioni

Capitolo 05 Dal rilievo analogico al rilievo digitale: l'approccio digitale dalla scala architettonica a quella di dettaglio

5.1 Il modello informatizzato

5.2 Modellazione 3D basata sulla realtà

Capitolo 06 L'utilizzo di nuove tecnologie nella valorizzazione del patrimonio: diverse tipologie di output

6.1 Le diverse categorie di restituzione virtuale

6.2 Processi e mezzi utilizzati

6.3 Nuove tecnologie: vantaggi e svantaggi

6.4 I rischi in atto

Capitolo 07 Villa Ottolenghi un'esperienza di visualizzazione olografica

7.1 Villa Ottolenghi

7.2 Il complesso: elementi principali e caratteri architettonici

7.3 Fase Operativa

7.3.1 A proposito di olografia

7.3.2 Terminologia: Realtà immersiva, fluttuante e aumentata

7.3.3 Le tecnologie olografiche

7.4 Rilievo e restituzione Villa Ottolenghi dalla realtà alla realtà mixata

7.4.1 Sperimentazione applicativa - Il Mausoleo di Villa Ottolenghi

7.4.2 Sperimentazione applicativa - L'atelier degli artisti di Villa Ottolenghi

7.5 Nuova Narrazione digitale

7.5.1 Rappresentazione olografica della collezione di arte contemporanea di Villa Ottolenghi

7.5.2 Sperimentazione applicativa - Gli arredi e la collezione di arte di Villa Ottolenghi

7.5.3 Vetrina olografica -

Conclusioni

Appendici

Bibliografia

Abstract

La rappresentazione digitale 3D della realtà che ci circonda ha aperto un mondo di possibilità, che crescono ogni giorno con l'emergere di nuove sfide e concetti, tali le tecnologie applicate al campo del patrimonio culturale e archeologico hanno portato alla nascita di nuovi concetti come il patrimonio virtuale.

Questo nuovo campo di conoscenza richiede un corpus teorico a supporto, ma anche nuove raccomandazioni e linee guida, accettate a livello internazionale e in grado di guidare la ricerca e garantire la qualità dei nuovi progetti.

La ricerca sviluppata nell'ambito del corso di dottorato vuole individuare il percorso "progettuale" che la rappresentazione avanzata finalizza alla conoscenza per la fruizione, valorizzazione e gestione dei beni culturali. La tesi ha l'obiettivo di approfondire e applicare un metodo di analisi per il rilievo dell'architettura, basato sul presupposto che lo stesso si conferma come conoscenza complessa, integrata e stratificata nel tempo. Attraverso una procedura informatizzata, la ricerca propone una sperimentazione per comparare non solo i dati rilevati e raccolti per singoli processi resi il più possibile omogenei anche sotto l'aspetto della loro visualizzazione, ma anche le principali matrici culturali e metodologiche sottese alla selezione critica dei medesimi dati, e assunte come primo riferimento al fine di renderli il più possibile comparabili e incrociabili.

La multistrasversalità disciplinare costituisce elemento irrinunciabile in un percorso di ricerca teso a valorizzare lo scenario digitale e virtuale nel settore della rappresentazione. Da questo punto di vista la ricerca, in costante evoluzione, mostra nella declinazione delle metodiche interdisciplinari, con particolare riferimento alla parte riguardante l'olografia che rappresenta una soluzione di visualizzazione originale e suscettibile di evoluzione, anche nelle auspicabili future applicazioni di interazione gestuale a scala sempre più vicine alla reale.

Abstract

The 3D digital representation of reality around us has opened up a world of possibilities, which grow every day with the emergence of new challenges and concepts, such technologies applied to the field of cultural and archaeological heritage have led to the emergence of new concepts such as virtual heritage. This new field of knowledge requires a theoretical corpus to support, but also new recommendations and guidelines, accepted internationally and able to guide research and ensure the quality of new projects. The research developed during the PhD course aims at identifying the “project” path that advanced representation aims at knowledge for the fruition, valorisation and management of cultural heritage. The thesis aims to deepen and apply a method of analysis for the survey of architecture, based on the assumption that the same is confirmed as complex knowledge, integrated and stratified over time. Through a computerized procedure, the research proposes an experimentation to compare not only the data collected for individual processes made as homogeneous as possible also in terms of their visualization, but also the main cultural and methodological matrices underlying the critical selection of the same data, and taken as the first reference in order to make them as comparable and cross-referenceable as possible. The disciplinary multitransversality is an essential element in a research path aimed at enhancing the digital and virtual scenario in the field of representation. From this point of view the research, in constant evolution, shows in the declination of interdisciplinary methods, with particular reference to the part concerning holography that represents an original and evolutionary visualization solution, in the desirable future applications of gestural interaction on a scale increasingly closer to reality.

Capitolo 01 |
Introduzione

La ricerca sviluppata nell'ambito del corso di dottorato di ricerca in Architettura e Design, vuole individuare un percorso "progettuale" della rappresentazione avanzata finalizzata alla conoscenza per la fruizione, valorizzazione e gestione dei beni culturali.

In termini generali, la tesi si articola in sezioni tematiche, partendo dalla lettura analitica dello stato dell'arte, focalizzandosi sull'organizzazione del contesto metodico, e in ultimo, pur lasciando aperti scenari possibili futuri, esponendo i campi di sperimentazione richiesti mettendo in evidenza le fasi operative della ricerca su un caso studio, la Villa Ottolenghi di Aquì Terme.

Il capitolo 01, analizza come le tecnologie di visualizzazione avanzata (realtà virtuale_realtà aumentata_free floating image_realtà mixata) nella rappresentazione e nell'interpretazione della realtà, presente e passata, siano divenute ormai modalità di approfondimento nelle ricerche d'ambito delle scienze sociali e umanistiche, in particolare del patrimonio culturale nella sua più ampia accezione.

Nuovi concetti per descrivere nuove realtà, che a loro volta generano nuove sfide. Questo campo di conoscenza richiede un corpus teorico coadiuvato dalle nuove raccomandazioni e/o linee guida, conformate a livello internazionale e in grado di garantire la qualità dei nuovi progetti. Il capitolo 02 e il capitolo 03, costituiscono il segmento fondante della ricerca, fornendo un esame critico sul ruolo determinante dell'azione del rilievo inteso come fondamentale strumento conoscitivo, nella rappresentazione e narrazione del patrimonio culturale alle diverse scale finalizzato alla sua documentazione e fruizione.

Tale materia ha progressivamente conseguito identità di disciplina poliedrica che interconnette operazioni e procedure fondamentali (ricerca bibliografica, studio diretto degli edifici, analisi e misurazione del manufatto e del suo contesto, rappresentazione grafica dei risultati), finalizzate al progresso scientifico della materia stessa.

Il rilevamento, nello specifico il rilevamento ambientale ed architettonico, infatti, consente di analizzare criticamente le evoluzioni storico-urbanistiche di una fabbrica nel suo contesto territoriale e urbano e di evidenziare tutti gli elementi caratteristici e anomali che ne evidenziano la conformazione strutturale, le condizioni statiche e i contenuti architettonici.

Nel senso più vero, la disciplina del rilievo assume dunque valore interpretativo, in quanto, basandosi su una precisa metodologia di

ricerca, tende a graficizzare la più vasta serie di possibili informazioni, a raffigurare l'opera presa in esame nei suoi aspetti geometrici, costruttivi, spaziali e d'utilizzo e a delineare altresì il maggior numero di aspetti ornali e stilistici.

Il capitolo 04, analizza, il ruolo del modello, come il momento di passaggio fra un'idea, un concetto e la specificazione delle qualità formali, materiali e costruttive dell'opera.

Infine, il capitolo 05, approfondisce il caso studio di Villa Ottolenghi ad Acqui Terme, proponendo di indagare l'efficienza degli strumenti digitali in relazione al grado di gestione della complessità dell'intento progettuale originale, ossia capire quale sia il grado di efficacia di uno strumento sia in termini oggettivi di raggiungimento di un dato obiettivo sia in termini di accessibilità funzionale da parte dell'utente.

1.1 Ipotesi iniziale

Uno dei quesiti fondamentali di questa ricerca è se e come le rappresentazioni digitali aumentino in modo distintivo la percezione e la consapevolezza del valore del patrimonio culturale, considerando gli attori attivi-dal punto di vista operativo/tecnico - e ricettivi -dal punto di vista della fruizione.

La rappresentazione digitale per la divulgazione e l'apprendimento della cultura propongono di ripensare le strategie comunicative per il museo. Strumenti come la realtà virtuale ed aumentata, l'interazione tramite gesti, la localizzazione di dispositivi e le tecnologie multimediali, consentono di trasformare la visita museale da un evento prettamente passivo ad una esperienza attiva e coinvolgente.

È proprio in questa prospettiva che rientra la logica del museo contemporaneo inteso come luogo della rappresentazione, luogo per eccellenza dove si passa da spazio di sola conservazione a luogo di rappresentazione ed esperienza della realtà nelle sue innumerevoli forme.

La tecnologia digitale, come scienza dell'informazione e della comunicazione (ICT)

Il modello di società **technology driven**, affonda le sue radici nella letteratura d'autore: il 'villaggio globale' di Marshall McLuhan è perfettamente adattabile a Internet

l'ottimismo di Negroponte per il digitale quale strumento di potenziamento delle capacità umane ha anticipato le prospettive di sviluppo della facilità di accesso all'informazione, della multimedialità e delle tecnologie interattive.

TRE IPOTESI INTERPRETATIVE DELLA RELAZIONE DIALETTICA TRA TECNOLOGIA E SOCIETÀ:

Determinismo tecnologico (DT)

Social Construction of Technology (SCOT) o determinismo sociale

Social Shaping Technology (SST)



Fig. 1 Tre ipotesi della relazione dialettica tra tecnologia e società

Le rappresentazioni del patrimonio culturale coinvolgono diversi figure, che possono essere individuate in tecnici (ad es. architetti, artisti, conservatori, ingegneri, storici, urbanisti...), che si occupano principalmente di salvaguardia, conservazione, pianificazione tramite operazioni atte al reperimento di informazioni dettagliate, accurate e affidabili; i promotori, che sono comunemente interessati alla fattibilità economica e gli utenti finali, fruitori sempre meno "passivi" e maggiormente assimilabili alla figura del "cultural prosumer"¹, contribuendo anche alle fasi di costruzione dei significati, e quindi della narrazione stessa.

Tutte le attività del rilevare, documentare, analizzare, interpretare, progettare, comunicare convergono o ruotano necessariamente sul "modello rappresentativo", sia esso restitutivo (da rilievo), ricostruttivo (di una realtà mai esistita e/o di intenzioni progettuali) e/o predittivo (restauro, progetto²). Il nodo cruciale è relativo alla qualità scientifica delle metodiche, delle procedure, delle tecniche sia di rilievo sia di restituzione per la modellazione e visualizzazione 3D, rispondente a definiti principi conformativi quali interdisciplinarietà, sostenibilità, complementarietà, autenticità, e fruibilità.

¹ Alvin Toffler, "The Third Wave", Bantam Books, Stati Uniti, 1980 è una crasi dei termini producer e consumer che indica un consumatore che è a sua volta produttore o, nell'atto stesso che consuma, contribuisce alla produzione

² Centofanti Mario, "Territori e frontiere della ricerca", in 39° Convegno UID (Unione Italiana del Disegno), 2017, Napoli

Quali mezzi tecnologici rendono possibile la valutazione del patrimonio culturale dal punto di vista dell'acquisizione, dell'elaborazione, della visualizzazione e della diffusione dei dati?

La cultura di una società è spesso rappresentata dall'intero corpus di segni materiali che possono essere sia artistici che simbolici. Ogni comunità si riferisce al proprio patrimonio per distinguere la propria cultura e ciò che ha realizzato, esprimendolo con segni, simboli o altri metodi di rappresentazione. La tecnologia ha svolto un ruolo importante in questo processo, utilizzando conoscenze scientifiche, metodi, materiali e dispositivi per catturare e diffondere le rappresentazioni del patrimonio culturale.

La risorsa fondamentale dell'informazione rappresenta un insieme di segni ed entità tecniche trasferibili che vanno ad assumere rilevanza e significato interpretativo in relazione a chi le gestisce, in funzione delle aspettative dei soggetti e del contesto culturale. (Paccagnella 2010).

NETWORK → COMUNICAZIONE IMMEDIATA, INTERATTIVA, RETICOLARE PARTECIPATIVA

Nell'epoca della globalizzazione, i processi di mutamento socio-culturali comportano l'apertura a modelli innovativi per la produzione e la condivisione della conoscenza.

Ridefinizione del sapere

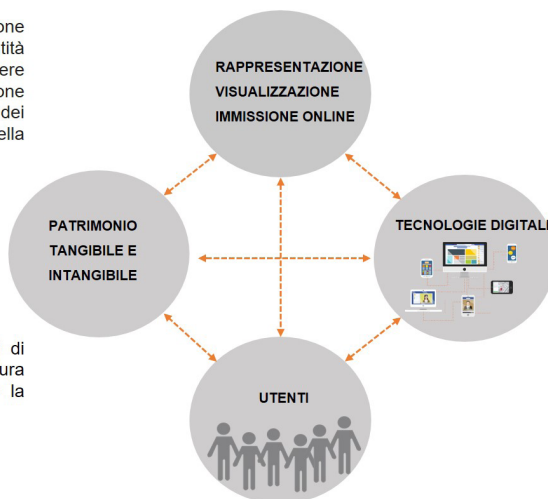


Fig.2 Nell'epoca della globalizzazione i processi socioo culturali comportano l'apertura a modelli innovativi per la produzione e condivisione della conoscenza

- **reti omogenee**, quando tutti i musei si riferiscono ad una disciplina scientifica comune: per esempio una rete di soli musei archeologici;
- **reti eterogenee**, quando nella rete rientrano musei relativi a diverse discipline scientifiche: per esempio una rete che unisca musei archeologici, etnografici, storici, industriali, naturalistici, architettonici;
- **reti territoriali**, create in base alla localizzazione geografica, assimilabili al modello delle reti eterogenee, con la possibilità di distinguere al loro interno reti o sistemi locali, urbani, metropolitani;
- **reti tematiche** caratterizzate dall'omogeneità tipologica dei musei coinvolti che, a loro volta possono avere dimensione regionale, nazionale o anche internazionale.

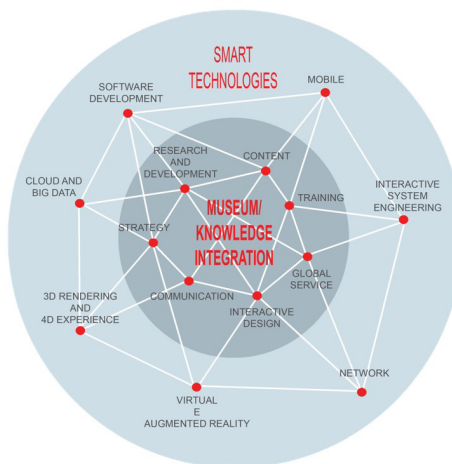


Fig.3 Schema che presenta i punti di forza della comunicazione digitale. Le nuove tecnologie e i nuovi media digitali possono essere considerati utili strumenti e un'opportunità di rilievo per i musei; infatti, l'uso dei contenuti in forma virtuale permette di creare inter-azioni più coinvolgenti, per obiettivi specifici e stimolare la proattività delle persone fornendo loro i mezzi per aggiungere "senso di significato".

Mixed Reality (MR)- Integrazione di realtà virtuale e realtà aumentata

VR e AR, hanno dei limiti: la realtà virtuale ci separa dal mondo in cui siamo, mentre quella aumentata è troppo vincolata ad esso. La loro integrazione, la **Mixed Reality**, offre una sinergia positiva in grado di potenziare entrambe le esperienze. La **mixed reality (MR)** mescola la realtà fisica con quella virtuale, utilizzando allo scopo anche la realtà aumentata sovrapponendole. Possiamo osservare il mondo reale che ci circonda trasdurre informazioni utili (in AR), ma anche vedere e muovere oggetti virtuali come fossero reali.



Virtual Reality (VR)



La realtà virtuale (Virtual Reality) rappresenta un ambiente tridimensionale modellizzato al calcolatore e percepito attraverso una interazione uomo/macchina basata sui naturali mezzi di comunicazione.

Augmented Reality (AR)



A differenza della Realtà Virtuale, l'Augmented Reality si riferisce a situazioni nelle quali l'obiettivo è integrare la percezione dell'utente di un mondo reale attraverso l'aggiunta di dati digitali.

Realtà Aumentata

In funzione delle modalità di sincronizzazione reale- digitale esistono due tipologie di Realtà Aumentata:

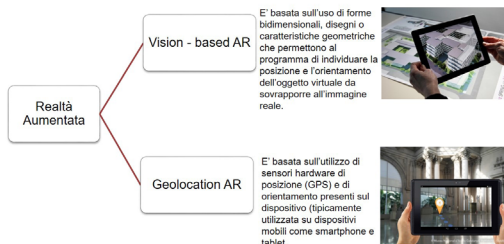


Fig 4 AR, VR, MR, tecnologie per la divulgazione del patrimonio culturale

Con l'evoluzione in termini di progressione geometrica delle risorse tecnologiche, sono stati sviluppati modelli più accurati e dettagliati. Tuttavia, non è ancora chiaro il processo di individuazione delle tecnologie più adeguate per aggiungere valore al patrimonio culturale, considerate le risorse disponibili, il tipo di oggetto, la scala di rappresentazione, l'acquisizione e le specifiche dei dati, l'interoperabilità e la compatibilità, la qualità delle informazioni negli ambiti di affidabilità, accuratezza e coerenza. Questa tesi, tramite un processo comparativo, è finalizzata all'individuazione di un percorso in grado di ottimizzare la scelta di visualizzazione in ambito olografico relativamente al potenziale aumento del valore intrinseco del patrimonio culturale.

1.2 Obiettivi della ricerca

La ricerca nasce dalla convinzione della necessità sempre crescente di utilizzare contenuti digitali per realizzare forme di fruizione alternativa e inclusiva dei luoghi e delle dinamiche di apprendimento del target anche e soprattutto tramite l'accostamento di elementi reali e virtuali, nella logica del museo contemporaneo (luogo reale) inteso come luogo della rappresentazione per eccellenza, sia essa statica che dinamica.

Il museo può diventare un medium digitale che emette cultura attraverso la rete;

Usando la terminologia del semiologo Charles Peirce, le opere esposte nel museo emettono segni, l'intero contesto di visita è un sistema segnico che produce effetto di senso;

Interpretare il senso del messaggio è un processo che spetta al fruitore, che è pilotato dalle sue idee culturali, politiche e personali. (TARGET)

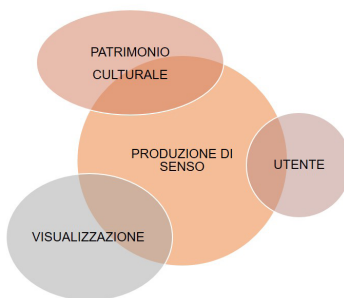


Fig.5 Il museo, medium digitale

Questa ricerca nasce dall'idea di utilizzare contenuti digitali per realizzare forme di fruizione alternativa del museo, svolgendo un'analisi del significato di museo virtuale, delle dinamiche di apprendimento dell'utente e del percorso di visita che accosti elementi reali e virtuali. Le proiezioni olografiche - free floating image – consentono di alterare la percezione portando fuori dal monitor il modello 3d, trasferendolo su superfici in spazi aperti, anche fino alla rappresentazione tridimensionale di oggetti a scale vicine al reale, in spazi vuoti, sostituendo il tradizionale

modello analogico grazie alle innovative metodiche esplorative del caso, permettono all'utente di gestire l'immagine ricomposta nello spazio vuoto, come si potrebbe fare con una classica rappresentazione plastica, gestendo le prospettive visuali in maniera autonoma.

Per questo la ricerca si pone come obiettivo l'utilizzo di tale tecnologia puntando all'ottimale dimensione dell'immagine olografica, alla possibilità di un'interazione ravvicinata e all'ottimizzazione della tridimensionalità dell'oggetto da comunicare.

L'obiettivo di questa ricerca è sperimentare e adeguare coerentemente applicazioni informatiche in grado di visualizzare in ambiente mixato, immagini tridimensionali e dati informativi relativi ai beni culturali artistici e architettonici, esistenti e non, con l'applicazione diretta al caso studio di Villa Ottolenghi ad Acqui Terme.

1.3 Metodologia

Dimostrare e verificare un metodo integrato e selettivo per poter rilevare analizzare e sviluppare un metodo esplorativo-conoscitivo di un'architettura e, più in generale di un bene culturale, nella sua complessità, anche e soprattutto declinandolo in applicazioni metodologiche e interdisciplinari.

conservazione e valorizzazione dei beni culturali

La conservazione e la valorizzazione del Patrimonio Culturale costituiscono azioni fondamentali per una comunità, per mantenere la propria identità, per mantenere lo sviluppo sociale

(cit. M. Docci" Open Conference Rilievo dei Beni Culturali e rappresentazione inclusiva per l'accessibilità museale. Gorizia 2018)



• Protezione ,conservazione, divulgazione del Patrimonio Culturale

- "[...]Comprendono i fondamenti geometrico descrittivi della modellazione informatica, le loro teorie ed i loro metodi, anche nel loro sviluppo storico; il rilievo come strumento di conoscenza della realtà architettonica, ambientale e urbana, le sue metodologie dirette e strumentali, le sue procedure e tecniche, anche digitali, di restituzione metrica, morfologica, tematica; il disegno come linguaggio grafico, infografico e multimediale, applicato al processo progettuale dalla formazione dell'idea alla sua definizione esecutiva."
- Conoscenza: nuove tecnologie per il rilevamento _archiviazione analisi storico critica
- Conservazione
- Valorizzazione: fruizione e diffusione multiculturale del valore del bene

conservazione e valorizzazione dei beni culturali

Conoscenza, Conservazione e Valorizzazione del Patrimonio Culturale

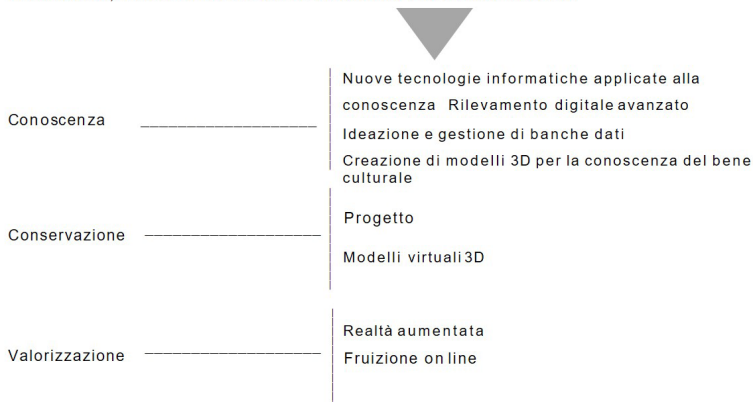


Fig. 6-7 La conservazione e la valorizzazione del Patrimonio Culturale costituiscono azioni indispensabili per una comunità, per mantenere la propria identità, e sviluppo sociale

Nell'affrontare il percorso di conoscenza nel rilievo il metodo, in cui si definiscono gli obiettivi, segue un percorso programmato e sistematizzato, organizzato per fasi, che permette di arrivare alle verifiche finali, in particolare per quanto riguarda il campo del Patrimonio culturale come sistema complesso e che richiede un primo approccio metodologico di catalogazione: *“la relazione, tra singolo bene e relativo ambito, è alla base stessa dell’attività di catalogazione che si basa non tanto sul rilevamento quantitativo dei dati, quanto sulla conoscenza sistemica del patrimonio, mirata all’identificazione dell’insieme delle interazioni specifiche che il bene intrattiene con il contesto che si è andato sempre più estendendo fino a comprendere il territorio*³.

³ Secondino COPPO, Pia DAVICO, (a cura di), Il disegno dei portici a Torino: architettura e immagine urbana dei percorsi coperti da Vitozzi a Piacentini, Celid, Torino 2001. Cesare CUNDARI, (a cura di), Il rilievo urbano per sistemi complessi, Kappa, Roma 2005.

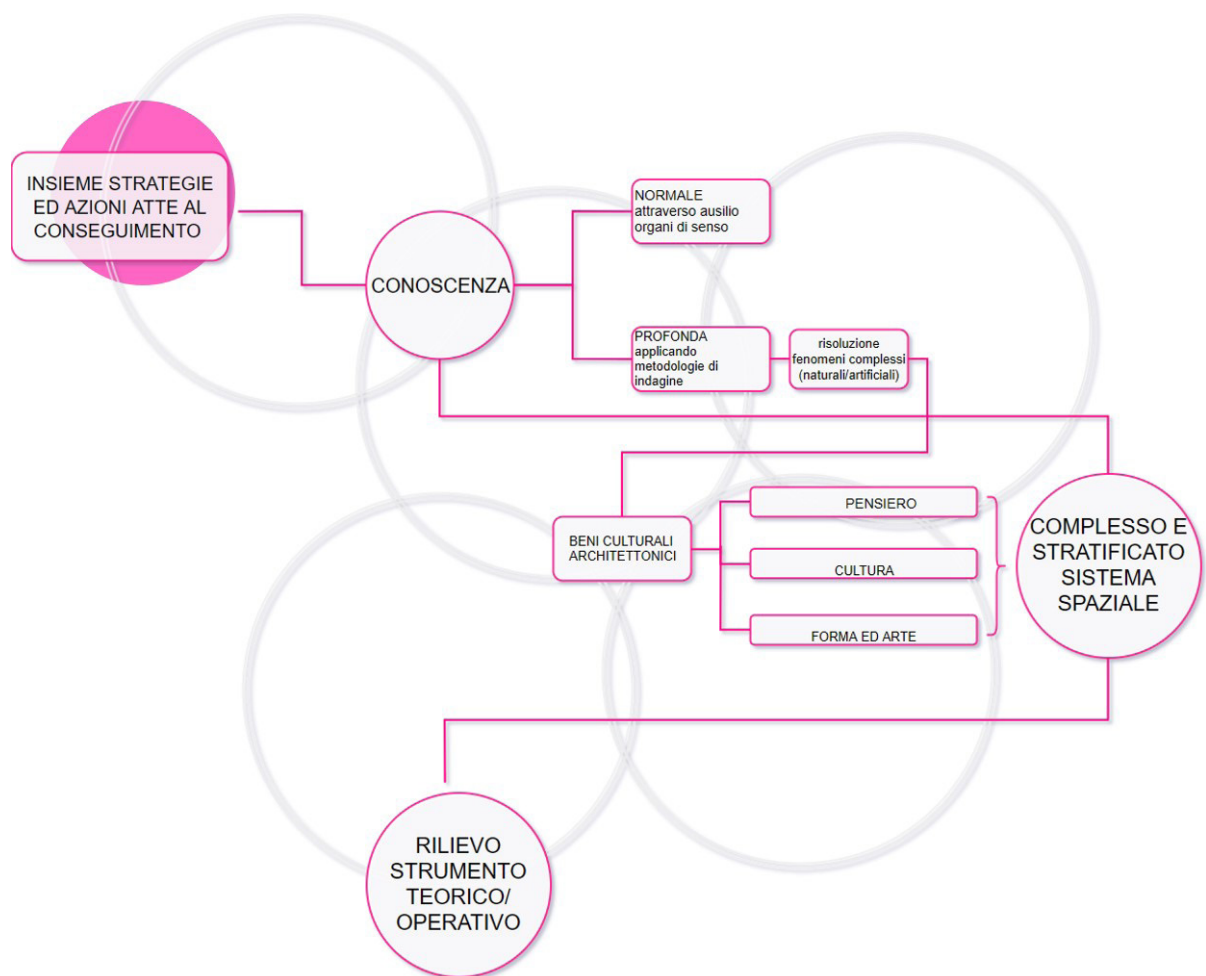


Fig.8 La conoscenza, intesa come insieme di strategie ed azioni atte al suo conseguimento, hanno storicamente aiutato l'umanità nella comprensione dei fenomeni esterni, accompagnandola nella sua evoluzione. Attraverso l'analisi di questo processo cognitivo i trattatisti hanno evidenziato due differenti livelli di conoscenza: quella normale, raggiunta attraverso l'ausilio dei propri organi di senso, e quella profonda, che può essere raggiunta applicando metodologie di indagine che consentano di superare il limite sensoriale.

Gli obiettivi del rilievo definito “unificato”, dedotto dalla ricerca in atto, prevedono un approccio filologico-critico per la documentazione, conoscenza e gestione nell’ambito dei Beni Culturali così come riconosciuti dal Codice dei beni culturali e del paesaggio⁴.

Sebbene negli ultimi anni sia stato superato il concetto tradizionale di Rilievo, questo si conferma comunque uno degli strumenti di conoscenza con cui, grazie all’osservazione della forma, siamo in grado di restituire i caratteri che compongono un’architettura attraverso un approccio che si serve dell’“arte del Disegno” come mezzo per comprenderla e comunicarla.

Attualmente, con il termine “Rilievo” si intende la raccolta, l’analisi e l’interpretazione di tutti i dati inerenti non solo all’aspetto geometrico, alla spazialità e alla forma dell’oggetto architettonico, ma anche a quelli legati al periodo di costruzione e di quelli inerenti al suo uso nel tempo. Il Rilievo Architettonico risulta quindi un’operazione che va condotta rigorosamente e scientificamente per evitare la produzione di una documentazione grafica infedele e invece arrivare, alla comprensione il più approfondita possibile dell’opera; mediato dalla cultura e dalle capacità individuali di osservazione comprensione, deve mirare a cogliere l’essenza dell’edificio, ma nello stesso tempo essere in grado di trasmetterla e insegnarla.

Tale materia ha progressivamente conseguito identità di disciplina poliedrica che interconnette operazioni e procedure fondamentali (ricerca bibliografica, studio diretto degli edifici, rilevamento topografico, analisi e misurazione del manufatto e del suo contesto, rappresentazione grafica dei risultati ecc...), finalizzate al progresso scientifico della materia stessa. Questo studio intende implementare le modalità attuali di standardizzazione e la regolamentazione delle procedure di raccolta, elaborazione e visualizzazione dei dati al fine di sfruttare e diffondere risultati scientifici finali, sia in applicazioni portatili e snelle, che in più sofisticate visualizzazioni tridimensionali, oltre a rendere visibile la convenienza del modello e la sua conformità con le fonti storiche.

I modelli integrati, concepiti come risultato di un processo e non come prodotto di un software particolare, permettono dunque di organizzare e gestire il “progetto” e la sua esecuzione, oltre che valutarne la totalità degli aspetti concorrenti nella propria realizzazione.

⁴Cfr. d.lgs. n. 42/2004, già l. n. 1089/1939 relativa alla «tutela delle cose d’interesse artistico o storico».

Lo scenario emerso dall'analisi della letteratura scientifica mostra come non sia possibile attribuire alle tecnologie presenti sul mercato questa valenza di raccoglitori omnicomprensivi di informazione: tale approccio olistico costituisce, al contrario, il principio della modellazione integrata/avanzata, concepita nell'ambito di questa ricerca come processo di rappresentazione della conoscenza architettonica, che si configura come un procedimento e non come un software informatico.

1.4 Risultati

Il caso studio di Villa Ottolenghi, ha un'intenzione sperimentale e si pone come pilot per una serie di sviluppi futuri. I contenuti virtuali e l'apparato tecnologico che li sostiene vorranno essere espressione del museo digitale, che suscita suggestioni ed emozioni come veicolo d'informazione e pone l'interazione come punto cardine della fruizione. Il tema della rappresentazione è concepito come tutta quella serie di elementi che collaborano a dar valore alla raffigurazione, anche nella misura in cui la riproduzione riesce ad interagire in maniera positiva ed innovativa con l'utente. Si inizia ad orientare la rappresentazione e il modo di disegnare e comunicare rispetto all'interesse dell'utente e al suo grado di comprensione e apprezzamento.

La realizzazione di tale ricerca, è l'espressione delle capacità comunicative del rilievo e della rappresentazione attraverso l'uso di sistemi tecnologici e interattivi.

Questa ricerca nasce con l'obiettivo di sperimentare ed adeguare coerentemente applicazioni informatiche in grado di visualizzare in ambiente mixato, immagini tridimensionali e dati informativi relativi ai beni culturali artistici ed architettonici, esistenti e non, con l'applicazione diretta al caso studio di Villa Ottolenghi ad Acqui Terme.

La Metodologia è, in senso generico, lo studio del metodo su cui deve essere fondata una determinata scienza o disciplina; con senso più concreto, il complesso dei fondamenti teorici sui quali un metodo è costruito. (Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana).

Analizzando la definizione di Basarab Nicolescu *"la transdisciplinarietà promuove il trans-culturale, l'apertura di tutte le culture alle altre culture"*⁵ la ricerca si pone come primo approccio di metodo analitico/sperimentale in una più ampia metodologia transdisciplinare, che si

⁵ Cfr. Nicolescu B., Il Manifesto della Transdisciplinarietà, Armando Siciliano Editore, Messina 2014

pone più come un nuovo paradigma, o come un nuovo sapere dei paradigmi comuni alle differenti discipline, che come disciplina a sé. Contenuti e tematiche legati alla rappresentazione digitale si relazionano in modo trasversale con la storia, l'informatica e le teorie della comunicazione. Il progetto di ricerca si è avvalso di una prospettiva transdisciplinare che sia in grado di trovare soluzioni convergenti a problematiche legate alla museologia contemporanea, che generano dinamiche cognitive complesse basate sull'esplorazione spaziale dei dati e la comprensione sistemica dei processi e delle relazioni che li contraddistinguono.

Gli studi più aggiornati sulla percezione dello spazio mediante dispositivi di visualizzazione digitale hanno incrementato esponenzialmente le esperienze in questo ramo di ricerca applicata. Il modello maggiormente seguito è quello dell'"informazione dinamica", di quella cioè che, giocando soprattutto sulla sua interattività e multimedialità, consente un rapido e personale accesso diretto ai contenuti ed una consultazione intuitiva ed immediata di tutti gli archivi. Un'informazione capillare dunque che, attraverso la "rete" internet, travolge il globo intero a velocità crescente.

La ricerca delle possibili soluzioni e la sistematica applicazione degli attuali strumenti di rilievo, catalogazione dei dati e restituzione digitali ha consentito di confrontare software di modellazione tridimensionale parametrica/assistita con software di computational/generative design lungo un percorso applicativo reale.

La duplice natura del complesso di Villa Ottolenghi, che coniuga elementi architettonici ad elementi vegetali richiede un approccio ibrido al processo di virtualizzazione e una strutturazione metodologica in grado di gestire le problematiche che possono emergere.

Si pone l'obiettivo di analizzare sia i percorsi attuativi sia i risultati ottenuti mediante l'utilizzo critico di strumenti digitali, confrontando gli esiti e le risorse necessarie. La ricerca ha testato le potenzialità dei singoli strumenti informatici attraverso un processo valutativo di reverse modelling applicato a casi studio emblematici sia nel campo dell'architettura, sia nel campo del design.

Attraverso la sistematizzazione dei dati relativi a tali percorsi si potrebbe definire uno schema di riferimento applicativo che fornisca indicazioni circa i più opportuni ambiti di utilizzo nel campo della comunicazione (visiva/informativa/grafica), a fronte di una attenta analisi dello stato

dell'arte della cultura digitale nazionale e internazionale e della comparazione di sistemi di rilievo integrato metrico-geometrico con l'esperienza di modellazione infografica dei dati metrici acquisiti per l'analisi del patrimonio storico-architettonico nelle procedure integrate per la conservazione, la tutela e la valorizzazione tramite le tecniche di multi – proiezione. Le tecniche di multi-proiezione dell'immagine offrono notevoli possibilità nell'ambito della comunicazione del patrimonio culturale dalla scala architettonica a quella del reperto archeologico di pochi centimetri. La proiezione 3d floating permette di sostituire il reperto originale simulandone la tridimensionalità nello spazio e garantendone una completa visione a 360°. Al fine di ottenere un buon livello di rappresentazione dei dettagli e quindi di percezione da parte dell'utente dell'oggetto rappresentato è necessario che il sistema di proiezione sia ottimizzato nei materiali e nella forma.

Approfondendo tematiche appartenenti alle discipline del disegno, nel senso più ampio della suo significato, strettamente legato alla componente ineludibile della comunicazione culturale avanzata nell'ambito dei beni culturali in ambiente museale, questa ricerca vuole dimostrare, nello specifico, quanto le tecnologie digitali di visualizzazione tridimensionale possano essere usate come metodo di conoscenza e divulgazione mirato alla conservazione del sapere in ambito museale:

- Il museo virtuale propone una serie di “ambientazioni” inclusivo/interattive, di tipo contemporaneo nel senso letterale del termine (non solo opere e/o architetture riproposte su uno schermo, ma soggetti che parlano, si raccontano, dialogano tra loro e interagiscono con il visitatore).
- La scelta delle opere avviene in base a criteri tematici e/o relativi all'identità identitari dello specifico museo.

Il risultato auspicato alla fine del percorso, è la profonda comprensione interattiva dell'opera da parte di tutti i visitatori, e la possibilità di condivisione globale su piattaforme dedicate.

Capitolo 02 |
**Raccomandazioni
internazionali
in materia di
patrimonio culturale**

Le tecnologie emergenti applicate al campo del patrimonio culturale hanno portato alla nascita di nuovi concetti come il patrimonio virtuale, il patrimonio digitale, l'archeologia digitale, musei virtuali, l'archeologia informatica o l'archeologia virtuale, tra gli altri.

Le strategie di conservazione del patrimonio richiedono:

(a) un migliore apprezzamento del valore dei beni patrimoniali (sia materiali che immateriali);

(b) l'integrazione di tali strategie nei più grandi processi di pianificazione e sviluppo di una città o di un'area urbana.

ASSE X - le dimensioni della conservazione dei beni che si ottengono non solo per beni di eredità storica, ma anche agli aspetti di sviluppo più grandi (sull'asse x).

ASSE Y - Distinzioni tra l'asse y mostrano invece i benefici a livello comunitario e a livello di città.

Gli aspetti più grandi di sviluppo delle strategie di conservazione del patrimonio a livello della città rivestono questioni quali lo sviluppo del turismo, la creazione di posti di lavoro e la riduzione della povertà.

A livello comunitario, le priorità cambiano in sicurezza e sicurezza (compresa la resilienza dei disastri), il benessere della comunità e la partecipazione della comunità.

Gli aspetti del patrimonio a livello urbano rivestono questioni come la pianificazione urbana / zonizzazione, l'infrastruttura / servizi e la gestione dei trasporti.

A livello comunitario, la conservazione del patrimonio contribuisce a creare un "senso del luogo", l'identità urbana e l'orgoglio e la perseverazione specifica della comunità.

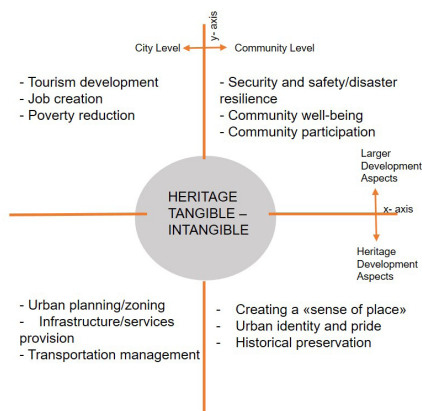


Fig.9 Gli aspetti più grandi di sviluppo delle strategie di conservazione del patrimonio a livello della città rivestono questioni quali lo sviluppo del turismo, la creazione di posti di lavoro e la riduzione della povertà. A livello comunitario, le priorità cambiano in sicurezza e sicurezza (compresa la resilienza dei disastri), il benessere della comunità e la partecipazione della comunità. Gli aspetti del patrimonio a livello urbano rivestono questioni come la pianificazione urbana / zonizzazione, l'infrastruttura / servizi e la gestione dei trasporti. A livello comunitario, la conservazione del patrimonio contribuisce a creare un "senso del luogo", l'identità urbana e l'orgoglio e la perseverazione specifica della comunità.

Dalla metà del ventesimo secolo, in parallelo alla creazione di diverse organizzazioni internazionali legate al patrimonio culturale, sono state adottate diverse carte, convenzioni, principi, raccomandazioni, protocolli, norme e altri documenti, riguardanti l'obbligo di tutela, conservazione del patrimonio. I documenti principali e le prime decisioni in cui si sottolinea la necessità di documentare i monumenti, nell'ambito della loro tutela, studio e conservazione, possono essere così identificate:

- la Carta di Atene del 1931;
- la Carta del Restauro del 1932;
- la Carta di Venezia del 1964;
- ICOMOS nel 1965;
- le Convenzioni Unesco nel 1972;

IMPLICAZIONI DELLE STRATEGIE DI CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO:

1. **Conservazione del patrimonio e identità / orgoglio urbano:** una buona strategia di conservazione del patrimonio è fondamentale per costruire una forte identità urbana e orgoglio nelle nostre città.
2. **La conservazione del patrimonio è più che la storia:** una buona strategia di conservazione del patrimonio incorpora tutti gli aspetti del patrimonio di una regione storica, ma anche naturale e culturale.
3. **La conservazione del patrimonio ha bisogno di partecipazione e coinvolgimento della comunità:** una buona strategia di conservazione del patrimonio richiede la partecipazione attiva e il coinvolgimento della comunità locale in tutti gli aspetti dello sviluppo e dell'attuazione.
4. **La conservazione del patrimonio porta al benessere / sicurezza umana:** una buona strategia di conservazione del patrimonio dovrebbe anche avere il benessere e la sicurezza umana come alcuni dei suoi obiettivi definitivi per la comunità locale.
5. **La conservazione del patrimonio è fondamentale per la creazione di posti di lavoro e per la riduzione della povertà:** una buona strategia di conservazione del patrimonio dovrebbe essere collegata all'economia locale per creare posti di lavoro e per alleviare la povertà - in particolare nei paesi in via di sviluppo
6. **La conservazione del patrimonio contribuisce a preservare le culture locali intangibili:** una buona strategia per la conservazione del patrimonio considera le risorse del patrimonio tangibile e immateriale in modo integrato
7. **La conservazione dell'eredità influenza fortemente gli obiettivi di sostenibilità:** una buona strategia di conservazione del patrimonio prende in considerazione in modo intrinsecamente, gli obiettivi di sostenibilità a lungo termine della regione
8. **Conservazione del patrimonio attraverso la localizzazione, la contestualizzazione e la personalizzazione:** una buona strategia di conservazione del patrimonio deve essere localizzata, contestualizzata e personalizzata affinché possa riuscire e rispettare i propri obiettivi.

Fig.10 Implicazioni delle strategie di conservazione del patrimonio:

Nonostante gli sforzi compiuti finora dai ricercatori, molte sfide devono ancora essere affrontate nel campo delle raccomandazioni internazionali applicate al patrimonio culturale e alle ICT⁶.

La sfida più grande è quella di far scrivere o approvare da ICOMOS una carta internazionale sul patrimonio digitale. La Carta di Londra dovrebbe servire come base per la stesura di tale documento, perché ha la forza scientifica e un consenso sufficiente per adempiere a tale missione. Da parte sua, i Principi di Siviglia, nati originariamente per soddisfare le esigenze di rigore scientifico delle ricostruzioni virtuali, devono incorporare un maggior numero di casi studio destinati al campo della digitalizzazione 3D.

⁶ ICT. Sigla dell'ingl. Information and communication technology, che indica la convergenza dell'informatica con le telecomunicazioni e che identifica ogni settore legato allo scambio di informazioni e tutti i metodi e le tecnologie che servono a realizzarlo, compreso l'hardware, il software e i servizi connessi. <http://www.treccani.it/enciclopedia/ict>
ICOMOS, Consiglio Internazionale dei Monumenti e dei Siti, è un'Organizzazione non governativa globale associata all'UNESCO. La sua missione è promuovere la conservazione, la protezione, l'uso e la valorizzazione di monumenti, complessi edilizi e siti. Partecipa allo sviluppo della dottrina e all'evoluzione e alla distribuzione delle idee e svolge attività di advocacy. ICOMOS è un organo consultivo del Comitato del Patrimonio Mondiale per l'attuazione della Convenzione del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO. Come tale, rivede le nomination del Patrimonio Culturale Mondiale e garantisce lo stato di conservazione dei beni. La sua creazione nel 1965 è il risultato delle prime conversazioni tra architetti, storici ed esperti internazionali iniziate agli inizi del XX secolo e che si sono materializzate nell'adozione della Carta di Venezia nel 1964. Alla luce di numerosi studi, conferenze, simposi e discussioni condotte dai suoi Comitati nazionali e Comitati scientifici internazionali, ICOMOS ha gradualmente costruito il quadro filosofico e dottrinale del patrimonio a livello internazionale. <https://www.icomos.org/en>

- aiutano a costruire l'identità urbana e l'orgoglio nei suoi residenti.
- andare al di là di semplici ricorsi e di conservazione di beni storici,
- portare al benessere e alla sicurezza, attraverso un'ampia partecipazione e coinvolgimento della comunità.
- generare opportunità per la creazione di posti di lavoro e la riduzione della povertà
- in linea di massima, e nel lungo periodo, contribuiscono anche a raggiungere obiettivi di sostenibilità.



Fig.11 Sistematizzazione dei principi elencati nell'ambito della protezione del patrimonio e politiche di conservazione, in un sistema applicabile alla divulgazione.

2.1 Raccomandazioni internazionali in materia di patrimonio culturale

Uno dei primi documenti legali a gettare le basi per la gestione del patrimonio archeologico e culturale in tempi moderni è stato l'Antiquities Act, approvato dal Congresso degli Stati Uniti e firmato in legge dal Presidente Theodore Roosevelt nel 1906.

Questo documento pionieristico è stato utilizzato non solo per proteggere i monumenti, ma anche i siti storici e preistorici. Infatti, una delle ragioni principali per la sua creazione è stata la volontà del Congresso degli Stati Uniti di proteggere un certo numero di siti archeologici molto significativi nel sud-ovest del paese. Uno dei modi per farlo fu quello di creare la figura dei "monumenti nazionali" (successivamente trasformati in parchi nazionali) per proteggere vaste estensioni di territorio. Solo nel 1931 nacque un documento veramente internazionale: la Carta di Atene⁷.

Il suo obiettivo principale era quello di unificare i criteri per gli interventi sul patrimonio architettonico, contribuendo a uno sviluppo di un

⁷ Cfr. B.P. Torsello, Restauro architettonico. Padri, teorie, immagini, Franco Angeli, Milano 1997. La prima carta del restauro venne scritta nel 1931 dalla Conferenza Internazionale degli Architetti riunita ad Atene. Essa si compone di 10 punti che più che stabilire dei veri e propri principi, detta delle raccomandazioni, rivolte ai governi degli Stati. Da un punto di vista tecnico la "Carta di Atene" auspica un restauro di tipo filologico, rifiutando quello stilistico, ammette l'uso di materiali moderni per il consolidamento, quali il cemento armato, ammette nel caso di restauro archeologico solo l'anastilosi.

vasto movimento internazionale per la tutela e la conservazione del patrimonio culturale e ha posto le basi per tutti i documenti nazionali e internazionali che si sono susseguiti, come la Carta del Restauro italiana del 1932. Ha avuto un impatto tale che ancora oggi, più di 80 anni dopo, molti professionisti del settore dei beni culturali sostengono le loro azioni facendo riferimento ai principi della Carta di Atene.

Successivamente il successo della Carta di Atene ha indotto un gran numero di professionisti del patrimonio culturale ad organizzare un secondo congresso, con l'obiettivo di aggiornare i contenuti della Carta di Atene.

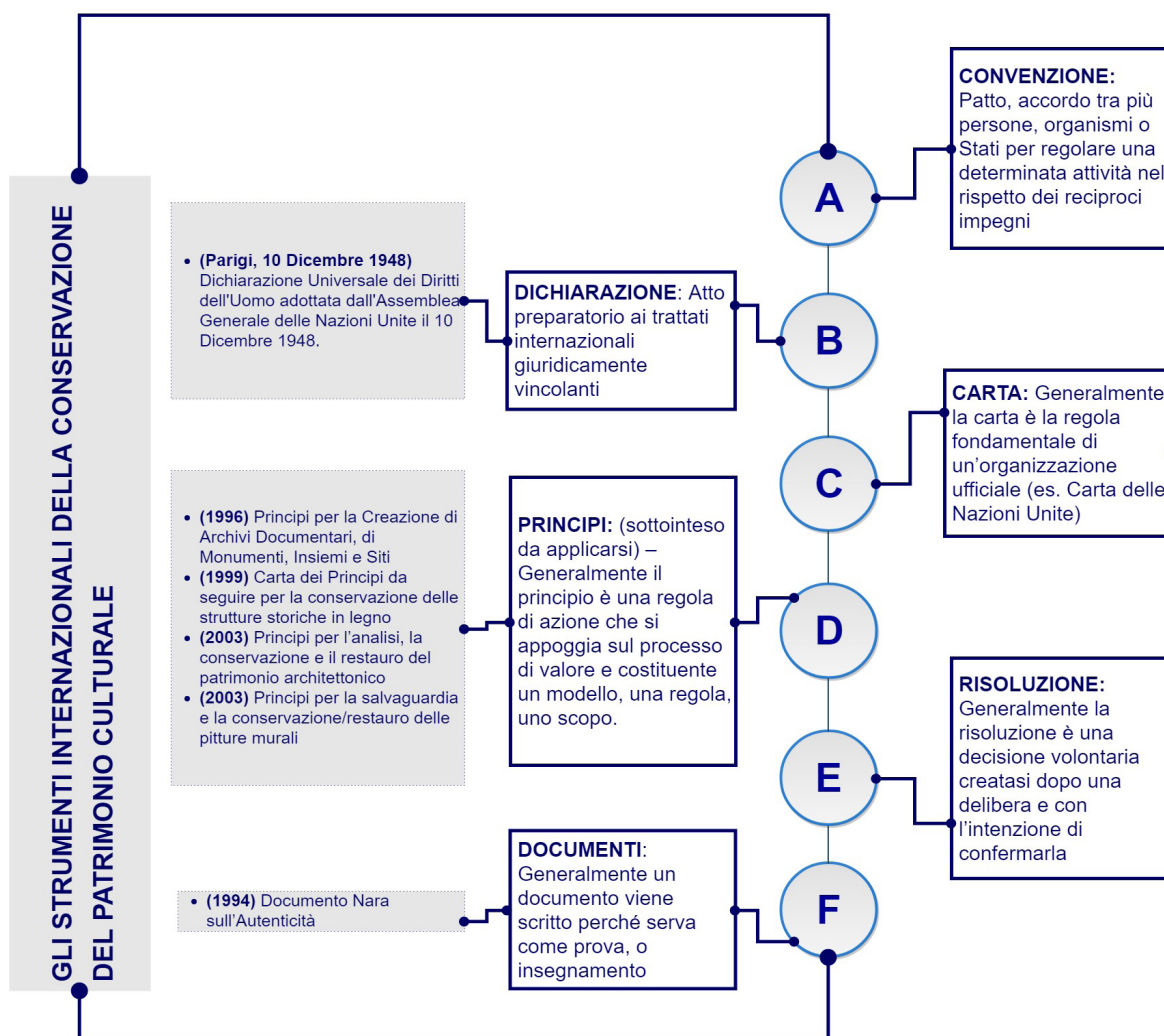
Così, nel 1964, è nata la Carta di Venezia, elaborando un nuovo documento che non solo avrebbe posto le basi per la moderna pratica della conservazione del patrimonio culturale, ma avrebbe anche annunciato la nascita dell'ICOMOS esattamente un anno dopo, nel 1965. Come affermò Piero Gazzola⁹: “la Carta di Venezia è un'opera che nessuno ignorerà in futuro e tutti gli specialisti dovranno seguirne lo spirito se non vogliono essere considerati fuorilegge culturali”, infatti, i suoi 16 principi ancora oggi attuali, e da ciò si desume che per quanto riguarda il concetto di rilevazione e documentazione dei dati, il più importante è l'articolo 16 che afferma che:

“In tutte le opere di conservazione, restauro o scavo, deve sempre esserci una documentazione precisa sotto forma di relazioni analitiche e critiche, illustrate con disegni e fotografie. Ogni fase del lavoro di sgombero, consolidamento, riordino e integrazione, nonché le caratteristiche tecniche e formali individuate nel corso dei lavori, devono

⁸Nel 1932 il Consiglio Superiore per le Antichità e le Belle Arti, presso il Ministero della Pubblica Istruzione, emanò una “Carta del restauro” che può essere considerata la prima direttiva ufficiale dello Stato Italiano in materia di restauro. In essa si affermavano principi analoghi a quelli della “Carta di Atene”, ma con in più la posizione espressa in quegli anni da Gustavo Giovannoni (1873-1947), definita come “restauro scientifico”. Il Giovannoni fu il primo che suggerì che in ogni intervento bisogna sfruttare tutte le più moderne tecnologie per poter giungere a interventi scientifici di restauro.

⁹ Piero Gazzola (1908 –1979), è stato uno dei protagonisti assoluti delle politiche e degli interventi per la salvaguardia dei beni monumentali in Italia negli anni tra il 1935 e il 1979. Fondatore nel 1964 all'ICCROM (International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property), fu consulente e infine capo missione dell'Unesco nel mondo. Tra il 1952 e il 1955, fu promotore e organizzatore della Conferenza dell'Aja sulla protezione dei beni culturali in caso di guerra e con lo scritto “Proposte per una carta internazionale del restauro”, fu l'ispiratore della “Carta di Venezia” che, nel 1964, ha definito le linee internazionalmente accettate per il restauro dei monumenti. Allo studioso dobbiamo anche per buona parte una ridefinizione sociale del concetto di “monumento”. Temi costanti della sua riflessione teorica rimangono infatti la responsabilità civile nella tutela del patrimonio storico-artistico, la funzione collettiva e didattica del monumento, la trasmissione dell'eredità del passato alle nuove generazioni.

essere incluse. Tale documentazione dovrebbe essere collocata negli archivi di un'istituzione pubblica e messa a disposizione dei ricercatori. Si raccomanda di pubblicare il rapporto”.



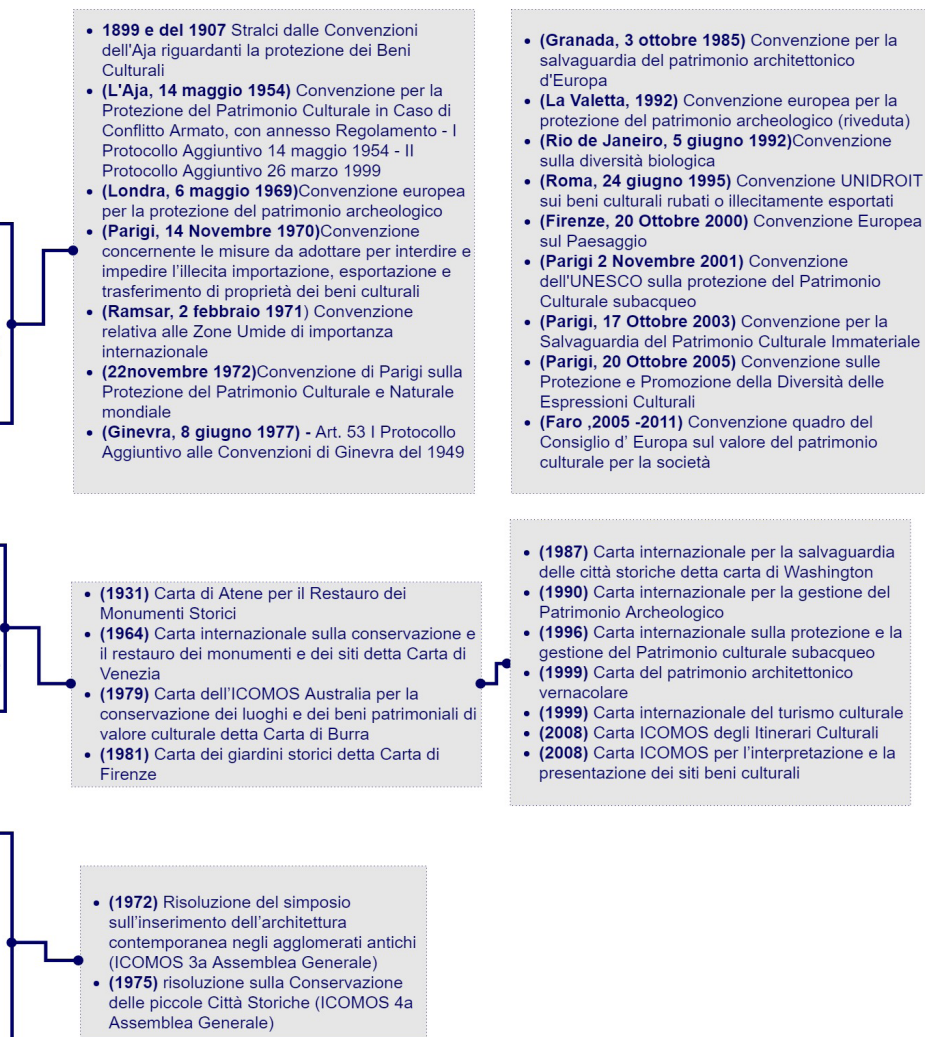


Fig. 12 Esito dello studio dello stato dell'arte elaborato secondo gli obiettivi di questa ricerca.

2.2 Le convenzioni dell'UNESCO

Nel corso della sua vasta esistenza, l'UNESCO¹⁰ ha promosso l'approvazione di numerose convenzioni internazionali. Con l'adozione della Convenzione sulla protezione e la promozione della diversità delle espressioni culturali, l'UNESCO possiede già oggi, nel settore della cultura, un "insieme completo di strumenti normativi composto da sette convenzioni". Tra tutte queste convenzioni approvate dall'UNESCO, una di particolare rilievo è la "Convenzione sulla protezione del patrimonio mondiale culturale e naturale", approvata dalla Conferenza generale dell'UNESCO il 16 novembre 1972. La Convenzione del 1972 includeva importanti progressi e contributi nel campo del patrimonio, riuscendo a includere in un unico documento la conservazione del patrimonio culturale e naturale, che fino a quel momento era sempre stata affrontata in modo differenziato.

L'idea era anche fermamente stabilita che ci sono beni il cui significato e valore trascendono i confini del paese in cui si trovano e la cui scomparsa o deterioramento rappresenterebbe una perdita irreparabile per l'umanità nel suo complesso. In seguito al riconoscimento dell'importanza di un bene, per essere considerato patrimonio mondiale in ultima analisi, è necessaria la consapevolezza di un'eredità condivisa e un impegno comune per la sua conservazione e eredità per le generazioni future. La Convenzione sul patrimonio mondiale è considerata la più riuscita tra tutte quelle approvate dall'UNESCO; il suo contributo più significativo è stata la creazione della Lista del Patrimonio Mondiale, che attualmente comprende 1121 siti situati in 167 Stati membri, tra cui 869 siti culturali, 213 siti naturali e 39 siti di natura mista¹¹.

Insieme alle principali carte ICOMOS e alle convenzioni dell'UNESCO, nel corso del ventesimo secolo e all'inizio del ventunesimo secolo sono sorti un insieme di regolamenti, raccomandazioni, principi, protocolli, dichiarazioni, codici, ecc. che, sebbene considerati in molti casi secondari rispetto alle carte, contribuiscono con interessanti novità e idee, perché nel corso dei decenni le nuove tecnologie hanno soppiantato le metodologie tradizionali di documentazione e a partire dagli anni Novanta è diventato sempre più importante creare una

¹⁰ L'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'educazione, la scienza e la cultura (UNESCO) è un'agenzia delle Nazioni Unite fondata nel 1945 per contribuire alla pace e alla sicurezza nel mondo attraverso l'educazione, la scienza, la cultura e il dialogo.

¹¹ 43rd session of the World Heritage Committee Baku, Republic of Azerbaijan 30 June – 10 July 2019. <http://whc.unesco.org/en/sessions/43com/>

normalizzazione delle strategie di valorizzazione del patrimonio. Ciò corrisponde alla definizione di tre documenti distinti:

- Principi per la Creazione di Archivi Documentari, di Monumenti, Insiemi e Siti del 1996 (vedi appendice) Lo scopo di questo documento è quindi quello di esporre le principali intenzioni le responsabilità, le misure di pianificazione, i contenuti, la gestione e le considerazioni di condivisione per la registrazione del patrimonio culturale¹².

- la Carta di Cracovia del 2000;

- la Carta dell'UNESCO sulla conservazione del patrimonio digitale del 2003;

- Carta Ename del 2008;

In relazione al campo dei Beni Culturali e delle Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (ICT) potremmo dire che arriva sulla scena all'alba del nuovo millennio. In particolare, grazie all'inserimento dell'articolo 5 della Carta di Cracovia 2000: Principi per la conservazione e il restauro del patrimonio edilizio che indica: "Nella tutela e nella presentazione pubblica dei siti archeologici è necessario promuovere l'uso delle moderne tecnologie, delle banche dati, del sistema informativo e delle tecniche di presentazione virtuale". Questo riferimento, mai visto prima in altre carte precedenti, ha segnato una svolta importante nell'uso del computer come uno strumento in più nel regolare lavoro di conservazione e presentazione del patrimonio archeologico. La Carta di Cracovia, infatti, aprirà la strada alla redazione di nuovi testi internazionali volti a regolamentare l'uso delle nuove tecnologie nel campo dei beni culturali. Ad esempio, nel 2003 l'UNESCO ha approvato la Carta sulla conservazione del patrimonio digitale, con l'obiettivo di proteggere, conservare e migliorare l'accesso ai prodotti "di origine digitale". Questa dichiarazione dell'UNESCO è scaturita di fronte al reale pericolo di perdere un'immensa ricchezza del patrimonio culturale esistente in formato elettronico. Questo patrimonio comprende ricostruzioni virtuali, digitalizzazioni 3D e tutta una serie di prodotti derivati dalla pratica dell'archeologia virtuale, rendendo questo documento di grande interesse. Meno importante per quanto riguarda le nuove tecnologie, ma anche interessante, è stata l'approvazione, il 4 ottobre 2008, di una nuova carta internazionale denominata ufficialmente Carta ICOMOS per l'Interpretazione e la Presentazione dei Beni Culturali, nota anche come Carta Ename.

¹² PRINCIPLES FOR THE RECORDING OF MONUMENTS, GROUPS OF BUILDINGS AND SITES (1996) Ratified by the 11th ICOMOS General Assembly in Sofia, October 1996. [www.icomos.org › charters › archives-e](http://www.icomos.org/charters/archives-e)

L'articolo 2.4 di questo nuovo testo internazionale prevede la seguente raccomandazione: "Le ricostruzioni visive, siano esse realizzate da artisti, architetti o modellatori informatici, dovrebbero basarsi su un'analisi dettagliata e sistematica dei dati ambientali, archeologici, architettonici e storici, compresa l'analisi delle fonti scritte, orali e iconografiche e della fotografia. Le fonti di informazione su cui si basano tali rappresentazioni visive dovrebbero essere chiaramente documentate e dovrebbero essere fornite per il confronto ricostruzioni alternative basate sulle stesse prove, quando disponibili". Queste tre precedenti raccomandazioni fungerebbero sia da base che da punto di riferimento per i documenti che finora costituiscono i più importanti testi teorici sui Beni Culturali e le ICT: la Carta di Londra e i Principi di Siviglia.

2.3 Il campo di applicazione della Carta di Londra

È importante sottolineare che la Carta di Londra non si limita a una disciplina specifica, ma mira piuttosto a servire un'intera gamma di discipline e rami della conoscenza, che abbraccia le arti, le scienze umane e i beni culturali, a condizione che utilizzino la visualizzazione 3D nello sviluppo dei rispettivi progetti di ricerca e diffusione. A tal fine, la Carta di Londra adotta il formato e lo stile della Carta Ename sia nella sua struttura interna che nelle sue dimensioni, adottando anche una definizione molto ampia del concetto di "patrimonio culturale", che comprende tutte le aree dell'attività umana legate alla comprensione e alla trasmissione della cultura materiale e immateriale.

La Carta di Londra non è stata intrapresa per lanciare nuove e radicali proposte, ma per consolidare i principi fondamentali già avanzati nelle pubblicazioni di numerosi autori, ma che ancora non sono stati pienamente assimilati da gran parte della comunità scientifica internazionale. Per questo motivo è stato utilizzato il formato "Charter", piuttosto che la stesura di un nuovo articolo, che sembrava lo strumento più adatto a garantirne la diffusione e la discussione tra le numerose comunità di esperti che utilizzano la visualizzazione 3D nel loro lavoro quotidiano.

Anche se, il termine "Charters" è riservato a quei documenti ufficialmente approvati dall'ICOMOS, è evidente che il crescente impatto e l'interesse per la visualizzazione in 3D del patrimonio culturale sembrano auspicare

la ratifica di questo documento da parte dell'ICOMOS, in quanto sta diventando sempre più necessario avere raccomandazioni e linee guida che governano questo nuovo campo della conoscenza.

2.3.1. I Principi della Carta

Tutti i principi della Carta di Londra mirano a migliorare i livelli di trasparenza scientifica presenti nelle visualizzazioni 3D dei beni culturali, poiché il miglioramento dei livelli di trasparenza scientifica di tali modelli è un passo imperativo prima di raggiungere un maggiore livello di riconoscimento accademico che spingerà ricerche e studi più consolidati e ampi.

“I principi della Carta di Londra sono validi ovunque la visualizzazione computerizzata sia applicata alla ricerca o alla diffusione del patrimonio culturale”.

Le possibilità di attuazione della Carta di Londra sono direttamente condizionate dallo sviluppo di linee guida e raccomandazioni più specifiche basate sui campi della conoscenza. Ogni visualizzazione 3D dei beni culturali dovrebbe prevedere il modo specifico in cui le raccomandazioni stabilite dalla Carta di Londra saranno rispettate; in questo senso, tutte le parti coinvolte nei progetti di visualizzazione 3D per i beni culturali devono tenere presente l'importanza dello sviluppo, in modo pratico ed efficiente, dei principi derivati dalla Carta di Londra. Questi principi non devono essere considerati come un'appendice al progetto o come fonte di riferimento in una particolare fase del progetto. In altre parole, la qualità scientifica, in questo caso, dovrebbe essere sufficiente a giustificare l'aumento dei costi di produzione dei modelli 3D, anche se, come abbiamo già detto, è ora importante sviluppare meccanismi che consentano la certificazione di tale qualità, poiché le fonti che richiedono queste visualizzazioni 3D (generalmente istituzioni pubbliche) non dispongono delle conoscenze necessarie per intraprendere questo compito.

2.3.2. Principio 2: Obiettivi e metodi

“Un metodo di visualizzazione computerizzato dovrebbe normalmente essere utilizzato solo quando è il metodo più appropriato a tal fine disponibile”. In questo senso “Non si deve presumere che la visualizzazione computerizzata sia il mezzo più appropriato per affrontare tutte le finalità di ricerca o comunicazione sui beni culturali”, poiché altri metodi convenzionali possono rivelarsi più efficaci, dal punto di vista finanziario, temporale o qualitativo, delle visualizzazioni 3D quando si tratta di raggiungere obiettivi specifici. Per questo motivo “Si dovrebbe effettuare una valutazione sistematica e documentata dell'idoneità di ciascun metodo a ciascun obiettivo, al fine di accertare quale tipo di visualizzazione computerizzata si rivelerà probabilmente più appropriato”. Non ha senso sviluppare complesse e costose visualizzazioni 3D se il loro utilizzo finale e la loro collocazione in pannelli standard dove, ovviamente, non sarà possibile per l'utente finale gestire o gestire modelli 3D. In questi casi, un semplice disegno tradizionale o una fotografia generata al computer può essere più che sufficiente. Pur riconoscendo che, soprattutto nelle attività innovative o complesse, non sempre è possibile determinare, a priori, il metodo più appropriato, la scelta del metodo di visualizzazione computerizzato (ad esempio, più o meno foto-realistico, impressionistico o schematico; rappresentazione di ipotesi o delle prove disponibili; dinamico o statico) o la decisione di sviluppare un nuovo metodo, dovrebbe basarsi su una valutazione del probabile successo di ciascun approccio nell'affrontare ogni obiettivo. In altre parole, il primo passo da compiere in qualsiasi progetto di visualizzazione 3D per il patrimonio culturale dovrebbe essere quello di stabilire gli obiettivi da raggiungere in modo chiaro e conciso. In questo modo, si può scegliere la metodologia migliore per sviluppare e raggiungere gli obiettivi menzionati.

2.3.3. Principio 3: Fonti di ricerca

“Al fine di garantire l'integrità intellettuale dei metodi e dei risultati della visualizzazione digitale, le fonti di ricerca pertinenti dovrebbero essere identificate e valutate in modo strutturato e documentato”. “Nel contesto della Carta, le fonti di ricerca sono definite come tutte

le informazioni, digitali e non digitali, considerate durante la creazione dei risultati della visualizzazione computerizzata o che influenzano direttamente la creazione di tali risultati” (3.1). Come tale, ad esempio, una buona fonte di informazione sarebbe costituita da articoli scientifici o libri utilizzati per dare forma al modello, altri progetti e altri modelli 3D utilizzati come esempi, dati archeologici recuperati direttamente dal campo, documenti storici disponibili, vecchie fotografie, archivi audio o audiovisivi, testimonianze orali o scritte, ecc. “Le fonti di ricerca dovrebbero essere selezionate, analizzate e valutate con riferimento alle conoscenze attuali e alle migliori pratiche all’interno delle comunità di pratica” (3.2). Per questo motivo sarebbe utile inserire il progetto in un campo di conoscenza consolidato come la storia contemporanea, la storia medievale, l’antropologia, ecc. poiché queste discipline hanno già sviluppato una solida classificazione delle risorse di ricerca. Infine, “Occorre prestare particolare attenzione al modo in cui le fonti visive possono essere influenzate da fattori ideologici, storici, sociali, religiosi, religiosi, estetici e di altro tipo” (3.3), poiché l’integrità intellettuale di qualsiasi modello può essere garantita solo quando si cerca di fornire informazioni oggettive libere da qualsiasi tipo di manipolazione. Nei casi in cui, a causa di interessi ideologici o di altro tipo dell’istituzione assuntrice, non è possibile offrire un prodotto finale oggettivo, lo scopo dovrebbe essere almeno quello di mantenere tale obiettività nelle fonti di informazione (meta- e paradata).

2.3.4. Principio 4: Documentazione

“Dovrebbero essere documentate e diffuse informazioni sufficienti per consentire la comprensione e la valutazione dei metodi e dei risultati della visualizzazione computerizzata in relazione ai contesti e agli scopi per i quali vengono impiegati”. In generale, “Le strategie di documentazione dovrebbero essere progettate e dotate di risorse in modo tale da migliorare attivamente l’attività di visualizzazione incoraggiando e aiutando a strutturare una pratica ponderata” (4.1). Sulla stessa linea, “Le strategie di documentazione dovrebbero essere concepite in modo da consentire un’analisi e una valutazione rigorosa e comparativa delle visualizzazioni computerizzate e da facilitare il riconoscimento

e la soluzione dei problemi che le attività di visualizzazione rivelano” (4.2). L'utilizzo di un unico sistema di documentazione per tutti i progetti di visualizzazione 3D del patrimonio culturale aiuterebbe a effettuare confronti oggettivi e a valutare i modelli, evitando di dover reinventare la ruota più e più volte. Purtroppo, tale sistema è, ad oggi, un'utopia, e quindi è necessario continuare a lavorare nella progettazione di tali sistemi di documentazione. “Le strategie di documentazione possono essere di aiuto nella gestione dei diritti di proprietà intellettuale o delle informazioni privilegiate” (4.3). Gli utenti finali dei progetti di visualizzazione 3D dei beni culturali vedono di solito come i loro diritti all'informazione siano limitati, cioè il diritto di conoscere il grado di realtà o di obiettività mostrato nei modelli 3D, dato che in generale nessun progetto presta attenzione a questi aspetti particolari. Questo è il motivo per cui “Dovrebbe essere chiarito agli utenti ciò che una visualizzazione computerizzata cerca di rappresentare, per esempio lo stato esistente, un restauro basato su prove o un'ipotetica ricostruzione di un oggetto o di un sito del patrimonio culturale, e l'estensione e la natura di qualsiasi incertezza fattuale” (4.4). L'utente finale ha il diritto di sapere cosa si nasconde dietro una visualizzazione 3D, poiché queste informazioni sono fondamentali per garantire che egli sia in grado di raggiungere le proprie conclusioni e di avere le proprie opinioni.

D'altra parte, per ragioni di trasparenza scientifica e per favorire il diritto all'informazione, non tanto quello degli utenti convenzionali, quanto quello degli utenti della ricerca, “occorre diffondere un elenco completo delle fonti di ricerca utilizzate e della loro provenienza” (4.5). Inoltre “la documentazione delle decisioni valutative, analitiche, deduttive, interpretative e creative prese nel corso della visualizzazione computerizzata dovrebbe essere diffusa in modo tale da poter comprendere il rapporto tra le fonti di ricerca, la conoscenza implicita, il ragionamento esplicito e i risultati basati sulla visualizzazione” (4.6). In quanto tale, “la motivazione per la scelta di un metodo di visualizzazione basato sul computer, e per il rifiuto di altri metodi, deve essere documentata e diffusa per consentire la valutazione della metodologia dell'attività e per informare le attività successive” (4.7). “Una descrizione dei metodi di visualizzazione dovrebbe essere diffusa se questi non sono suscettibili di essere ampiamente compresi all'interno delle comunità di pratica pertinenti” (4.8). “Laddove i metodi di visualizzazione basati sul computer sono utilizzati in contesti

interdisciplinari che non hanno un insieme comune di conoscenze sulla natura delle domande, dei metodi e dei risultati della ricerca, la documentazione del progetto dovrebbe essere intrapresa in modo tale da aiutare ad articolare tale conoscenza implicita e ad identificare i diversi lessici dei membri partecipanti provenienti da diverse comunità tematiche” (4.9). Oltre alla diffusione dei processi e delle metodologie di documentazione, dovrebbe essere data importanza anche alle relazioni di dipendenza. In questo senso, “i risultati della visualizzazione computerizzata dovrebbero essere divulgati in modo tale che la natura e l'importanza di relazioni di dipendenza significative e ipotetiche tra gli elementi possano essere chiaramente identificate dagli utenti e il ragionamento alla base di tali ipotesi possa essere compreso” (4.10). Infine, quando si effettua la diffusione di tutta la documentazione utilizzata e generata durante un progetto di visualizzazione 3D del patrimonio culturale, è importante che “La documentazione dovrebbe essere diffusa utilizzando i più efficaci media disponibili, inclusi grafici, testuali, video, audio, numerici o combinazioni di quanto sopra” (4.11). Tenendo presente il numero e la diversità dei professionisti che partecipano ai progetti di visualizzazione 3D dei beni culturali, “la documentazione dovrebbe essere diffusa in modo sostenibile con riferimento agli standard e alle ontologie pertinenti secondo le migliori pratiche nelle comunità di pratica pertinenti e in modo tale da facilitarne l'inclusione nei relativi indici di citazione” (4.12). Non bisogna dimenticare che ogni progetto di visualizzazione 3D del patrimonio culturale realizzato in modo professionale costituisce di per sé un valido contributo alla conoscenza scientifica del nostro patrimonio, e quindi la sua diffusione deve essere effettuata anche con mezzi e formati scientifici.

2.3.5. Principio 5: Sostenibilità

“Le strategie dovrebbero essere pianificate e implementate per assicurare la sostenibilità a lungo termine dei risultati di visualizzazione e della documentazione informatica relativa al patrimonio culturale, al fine di evitare la perdita di questa parte crescente del patrimonio intellettuale, sociale, economico e culturale umano”. Questo principio è diventato una delle principali priorità dell'Unione Europea negli ultimi anni, sotto il nome di “conservazione a lungo termine”. L'UE sta finanziando nuovi progetti nel campo delle tecnologie dell'informazione

e della comunicazione. Le preoccupazioni relative alla sostenibilità nei progetti di visualizzazione 3D del patrimonio culturale affondano le loro radici nella continua perdita di informazioni utili e preziose che si è verificata negli ultimi anni. È il caso delle mostre temporanee, così comuni al momento che una volta finalizzate non hanno normalmente un piano di conservazione, per cui i modelli digitali o le visualizzazioni 3D possono essere riutilizzati, anche se sono stati stanziati molti soldi e risorse per la loro progettazione e realizzazione. Sarebbe necessaria solo una piccola quantità di organizzazione per garantire che tali informazioni continuino ad essere utili nei centri di interpretazione, nei musei o nei siti web. D'altra parte, è importante che "la forma più affidabile e sostenibile disponibile per l'archiviazione dei risultati della visualizzazione su computer, sia analogica che digitale, dovrebbe essere identificata e implementata" (5.1). "Le strategie di conservazione digitale dovrebbero mirare a conservare i dati di visualizzazione basati su computer, piuttosto che il supporto su cui sono stati originariamente memorizzati, e anche informazioni sufficienti per consentirne l'uso in futuro, ad esempio attraverso la migrazione verso diversi formati o l'emulazione di software" (5.2). Tuttavia, l'esperienza dimostra che, ad oggi, la conservazione digitale è ancora un modo rischioso di conservare i contenuti digitali, e quindi, anche se è meno precisa e può salvaguardarne solo una parte, la conservazione in formati convenzionali come la carta o le repliche fisiche (2D o 3D) è più adatta; "laddove l'archiviazione digitale non è il mezzo più affidabile per garantire la sopravvivenza a lungo termine di un risultato di visualizzazione basato su computer, una registrazione parziale e bidimensionale di un output di visualizzazione basato su computer, che evochi per quanto possibile la portata e le proprietà dell'output originale, dovrebbe essere preferita all'assenza di una registrazione" (5.3). Allo stesso modo, si raccomanda che "le strategie di documentazione dovrebbero essere progettate in modo da essere sostenibili in relazione alle risorse disponibili e alle pratiche di lavoro prevalenti" (5.4), poiché sarebbe assurdo stabilire strategie di conservazione digitale costose o complesse, specialmente quando si tratta di progetti a basso costo o con budget limitati.

2.3.6. Principio 6: Accessibilità

“La creazione e la diffusione della visualizzazione su computer dovrebbe essere pianificata in modo tale da garantire il massimo beneficio possibile per lo studio, la comprensione, l'interpretazione, la conservazione e la gestione del patrimonio culturale”; in altre parole, queste dovrebbero essere orientate, per quanto possibile, al miglioramento della ricerca, della conservazione e della diffusione del patrimonio culturale, in particolare quando sono finanziate con fondi pubblici. Pertanto, “Gli obiettivi, i metodi e i piani di diffusione della visualizzazione al computer dovrebbero riflettere la considerazione di come tale lavoro possa migliorare l'accesso al patrimonio culturale che è altrimenti inaccessibile per ragioni di salute e sicurezza, disabilità, economiche, politiche o ambientali, o perché l'oggetto della visualizzazione è perso, minacciato, disperso, o è stato distrutto, restaurato o ricostruito” (6.1). Ci sono molti casi in cui l'accesso al patrimonio culturale è impossibile sia per i ricercatori che per il pubblico in generale. In tali casi, la creazione di repliche virtuali può svolgere un ruolo importante nel lavoro di ricerca, conservazione e diffusione, poiché le suddette repliche possono essere consultate e fruibili da esperti e utenti di qualsiasi parte del pianeta, a condizione che siano accessibili via Internet. “I progetti dovrebbero prendere conoscenza dei tipi e dei gradi di accesso che la visualizzazione su computer può fornire in modo univoco ai soggetti interessati al patrimonio culturale, compreso lo studio del cambiamento nel tempo, l'ingrandimento, la modifica, la manipolazione di oggetti virtuali, l'incorporazione di set di dati, la distribuzione globale istantanea” (6.2). Grazie fondamentalmente all'uso di Internet. Logicamente, questo potenziale può essere sviluppato solo quando i progetti di visualizzazione 3D sono preparati con il tempo e con strategie adeguate che non pongano barriere all'accesso alle loro informazioni; l'uso di modelli 3D attraverso Internet richiederebbe di solito una riduzione della complessità geometrica dei modelli o un adattamento dei contenuti per essere più utili e attraenti per il grande pubblico e i ricercatori. L'adozione di politiche e strategie che facilitino l'accesso alle visualizzazioni 3D del patrimonio culturale attraverso Internet può generare importanti benefici economici e sociali grazie ai suoi legami con altri settori come l'istruzione e il turismo.

2.4 Il campo di applicazione della Carta di Siviglia

I Principi Internazionali di Archeologia Virtuale, noti anche come Principi di Siviglia dalla città in cui sono stati forgiati, rappresentano una specifica della Carta di Londra. Mentre la Carta di Londra include una serie di raccomandazioni applicabili al patrimonio culturale in generale, i Principi di Siviglia concentrano la loro attenzione esclusivamente sul patrimonio archeologico, come parte specifica del patrimonio culturale. Così, la Carta di Londra mantiene la sua denominazione di “carta” e i Principi di Siviglia rientrano nella categoria dei “principi”, un livello inferiore alla carta, secondo la nomenclatura comunemente usata dall'ICOMOS. Nonostante la struttura e la nomenclatura comune utilizzata dall'ICOMOS, è importante notare che né la Carta di Londra né i Principi di Siviglia sono stati finora approvati dall'organizzazione, anche se queste sono le uniche raccomandazioni disponibili a livello internazionale in questo settore. Da un punto di vista formale, i principi di Siviglia sono strutturati secondo lo stesso schema della Carta di Londra, che si articola in quattro sezioni principali: preambolo, obiettivi, principi e definizioni. Il fulcro del documento è costituito da principi, un insieme di raccomandazioni che cercano di migliorare l'applicabilità della Carta di Londra nel campo del patrimonio archeologico. In totale sono otto principi che seguono una sequenza logica strutturata secondo le fasi di sviluppo e realizzazione di un progetto di archeologia virtuale. Questa struttura mira a facilitare l'attuazione dei principi in progetti concreti.

2.4.1 Principio 1: Interdisciplinarietà

“Qualsiasi progetto che comporti l'utilizzo di nuove tecnologie, legate alla visualizzazione computerizzata nel campo del patrimonio archeologico, sia per la ricerca, la documentazione, la conservazione o la divulgazione, deve essere supportato da un team di professionisti provenienti da diversi settori della conoscenza”. “Data la natura complessa della visualizzazione computerizzata del patrimonio archeologico, essa non può essere affrontata solo da un unico tipo di esperto, ma necessita della collaborazione di un gran numero di specialisti (archeologi, informatici, storici, architetti, ingegneri, ecc.)” (1.1). Logicamente, questa raccomandazione è limitata dal budget disponibile per ogni

progetto. In alcuni casi, ci sono sufficienti pubblicazioni specializzate su un monumento o un sito archeologico per affrontare in sicurezza una ricostruzione virtuale o una digitalizzazione senza dover aggiungere al team tutti gli specialisti. Tuttavia, quando possibile, la partecipazione di vari esperti aiuterà ad ottenere risultati con una qualità scientifica più elevata. Tale partecipazione dovrebbe essere attiva in quanto “un lavoro veramente interdisciplinare comporta un regolare e fluido scambio di idee e punti di vista tra specialisti di diversi settori”. Un lavoro diviso in compartimenti stagni non può mai essere considerato interdisciplinare anche con la partecipazione di esperti di diverse discipline” (1.2).

Dato che l'archeologia virtuale è archeologia o non è nulla, “tra gli esperti che devono collaborare a questo modello interdisciplinare, è essenziale assicurare la presenza specifica di archeologi e storici, preferibilmente quelli che sono o erano responsabili della gestione scientifica dei lavori di scavo o dei resti archeologici da ricostruire” (1.3). Nel caso di digitalizzazione 3D di un sito archeologico, solo l'archeologo che ha scavato o conosce a fondo il sito può dire quali aree devono essere scansionate con maggiore precisione e quali hanno un carattere secondario. Questa informazione sarà fondamentale per condurre un lavoro approfondito ed efficiente; altrimenti si corre il rischio di documentare in modo insufficiente aree di alto interesse storico o di spendere troppo tempo e risorse su aree che mancano di interesse scientifico. D'altra parte, molti siti archeologici che sono stati scavati non hanno strutture visibili per il pubblico, essendo stati seppelliti per motivi di conservazione. Prima di procedere alla scansione, un sito dovrebbe essere valutato in collaborazione con l'archeologo responsabile della scoperta di tali aree. Ovviamente, questo lavoro può essere fatto solo da un archeologo professionista.

2.4.2 Principio 2: Scopo

“Prima dello sviluppo di qualsiasi visualizzazione basata sul computer, lo scopo o l'obiettivo finale del nostro lavoro deve essere sempre completamente chiaro. Pertanto, potrebbero essere necessari diversi livelli di dettaglio, risoluzioni e precisioni”. Data la natura limitata del budget per l'archeologia virtuale, è molto importante stabilire obiettivi chiari da perseguire. I finanziatori o gli enti appaltanti, generalmente le amministrazioni pubbliche, raramente sono in grado di fissare tali

obiettivi. Tuttavia, il ricercatore dovrebbe avere la responsabilità di trovare un giusto equilibrio tra l'obiettivo e i mezzi necessari per raggiungerlo. "Ogni proposta di visualizzazione su computer avrà sempre lo scopo di migliorare gli aspetti legati alla ricerca, alla conservazione o alla diffusione del patrimonio archeologico. L'obiettivo generale del progetto deve rientrare in una di queste categorie (ricerca, conservazione e/o divulgazione). La categoria relativa alla divulgazione comprende sia i progetti educativi, sia quelli di educazione formale o informale, sia quelli ricreativi (turismo culturale)" (2.1). Tuttavia, a volte alcuni progetti non perseguono uno scopo specifico ma un obiettivo globale, come nel caso di alcuni progetti di scansione 3D i cui risultati possono essere utili per qualsiasi categoria (ricerca, conservazione o divulgazione). Dopotutto, la documentazione del patrimonio costituisce la base su cui si costruisce la costruzione di una gestione globale. "Oltre a chiarire lo scopo principale della visualizzazione computerizzata, occorre sempre definire obiettivi più specifici per ottenere una conoscenza più precisa del problema o dei problemi da risolvere" (2.2). "La visualizzazione computerizzata deve essere sempre al servizio del patrimonio archeologico, piuttosto che il patrimonio archeologico al servizio della visualizzazione computerizzata" (2.2). L'obiettivo principale dell'applicazione delle nuove tecnologie nella gestione globale del patrimonio archeologico deve essere quello di soddisfare le reali esigenze di archeologi, curatori, restauratori, museografi, manager e/o altri professionisti nel campo del patrimonio e non viceversa" (2.3). Sembra irragionevole che si debbano investire ingenti somme di denaro pubblico per risolvere problemi che nessuno ha sollevato, mentre le questioni chiave nella gestione del patrimonio archeologico rimangono senza risposta. "In definitiva, lo scopo principale dell'archeologia virtuale sarà sempre quello di servire la società nel suo insieme e di contribuire ad aumentare la conoscenza umana" (2.4). Proprio per questo motivo, per quanto possibile, dovrebbe promuovere l'accesso aperto a tutti i contenuti generati dai progetti di archeologia virtuale, siano essi ricostruzioni virtuali o scansioni 3D. La democratizzazione della cultura è anche un obiettivo dell'archeologia virtuale.

2.4.3 Principio 3: Complementarità

“L'applicazione della visualizzazione computerizzata per la gestione globale del patrimonio archeologico deve essere trattata come uno strumento complementare e non alternativo ad altri strumenti di gestione più tradizionali ma altrettanto efficaci”. A tal fine, “la visualizzazione computerizzata non deve aspirare a sostituire altri metodi e tecniche impiegate per la gestione globale del patrimonio archeologico (ad esempio, il restauro virtuale non deve aspirare a sostituire il restauro reale, così come le visite virtuali non devono aspirare a sostituire le visite reali)”. (3.1). Gli scontri e le controversie che a volte sono sorti tra sostenitori e oppositori dell'uso delle nuove tecnologie nel patrimonio culturale hanno la loro origine in questo punto. Gli esperti di beni culturali più classicamente orientati hanno visto nelle nuove tecnologie un nemico il cui scopo è quello di sostituire i sistemi tradizionali collaudati nel tempo. Lontano da questa visione, la realtà mostra che l'archeologia virtuale è integrata da tecniche e metodi classici, che spesso rimangono molto più utili nel rapporto tra valore, tempo e denaro. “La visualizzazione computerizzata dovrebbe cercare forme di collaborazione con altri metodi e tecniche di natura diversa per contribuire a migliorare gli attuali processi di ricerca, conservazione e divulgazione del patrimonio archeologico. Per fare ciò, il rispetto del “Principio 1: Interdisciplinarietà” sarà fondamentale” (3.2). “Tuttavia, le visualizzazioni computerizzate potrebbero essere un approccio alternativo quando i resti archeologici originali sono stati distrutti (ad esempio a causa della costruzione di grandi infrastrutture), sono collocati in aree di difficile accessibilità (ad esempio, senza strade) o a rischio di deterioramento a causa dell'enorme afflusso di turisti (ad esempio, pitture rupestri)” (3.3).

2.4.4 Principio 4: Autenticità

“La visualizzazione al computer normalmente ricostruisce o ricrea edifici storici, manufatti e ambienti come crediamo che fossero in passato. Per questo motivo, dovrebbe essere sempre possibile distinguere ciò che è reale, genuino o autentico da ciò che non lo è. In questo senso, l'autenticità deve essere un concetto operativo permanente in qualsiasi progetto di archeologia virtuale”.

Questo principio non riguarda solo le ricostruzioni virtuali, ma anche la digitalizzazione 3D. Ad esempio, nei progetti di digitalizzazione 3D, spesso si verificano occlusioni che devono essere riempite artificialmente con diversi algoritmi. Tuttavia, raramente è possibile sapere quali aree sono state riempite artificialmente. Queste informazioni sono fondamentali per determinare l'autenticità di un modello 3D. Una piccola occlusione può nascondere un dettaglio importante per un'indagine su un particolare tipo di oggetto o monumento. “Poiché l'archeologia è una scienza complessa e non una scienza esatta e inconfutabile, deve essere apertamente impegnata a fare interpretazioni virtuali alternative, a condizione che offrano la stessa validità scientifica. Quando questa uguaglianza non esiste, sarà approvata solo l'ipotesi principale” (4.1). “Quando si eseguono restauri o ricostruzioni virtuali, questi devono mostrare esplicitamente o attraverso interpretazioni aggiuntive i diversi livelli di accuratezza su cui si basa il restauro o la ricostruzione” (4.2). Purtroppo non esiste un sistema accettato a livello internazionale. La rappresentazione dell'incertezza nelle visualizzazioni è una delle grandi sfide che l'archeologia virtuale deve affrontare. Tuttavia, sono poche le pubblicazioni e i progetti che hanno tentato di affrontare questo problema. In generale, le soluzioni proposte fino ad oggi hanno usato il colore, la trasparenza o la consistenza per mostrare i livelli di incertezza. “Nella misura in cui molti resti archeologici sono stati e sono in fase di restauro o ricostruzione, la visualizzazione computerizzata dovrebbe davvero aiutare sia i professionisti che il pubblico a differenziarsi chiaramente tra: resti che sono stati conservati “in situ”; resti che sono stati riportati alla loro posizione originale (anastilosati reali); aree che sono state parzialmente o completamente ricostruite sui resti originali; e infine, aree che sono state virtualmente restaurate o ricostruite” (4.3). Questo principio non vale solo per le ricostruzioni virtuali, ma anche per le digitalizzazioni 3D. Molti edifici e oggetti che oggi vengono digitalizzati

sono stati sottoposti nel tempo a vari restauri e ricostruzioni fisiche. Poter conoscere le aree, sul modello 3D, che sono state interessate da questi interventi significa avanzare sulla via dell'autenticità.

2.4.5 Principio 5: Rigore storico

“Per raggiungere livelli ottimali di rigore storico e di veridicità, qualsiasi forma di visualizzazione del passato al computer deve essere supportata da una solida ricerca e da una documentazione storica e archeologica”. Non dobbiamo dimenticare che l'archeologia virtuale è una disciplina scientifica che ha la sua base e il suo significato nella scienza storica e nella pratica archeologica. Il suo significato sociale è più grande di quanto si possa pensare, poiché aiuta a creare immagini e sentimenti sul passato. Il modo in cui comprendiamo il nostro passato influisce sul nostro presente e spesso giustifica le nostre azioni nel futuro. Proprio per questo motivo, l'accuratezza storica è essenziale nella creazione di queste immagini, soprattutto quando si parla di ricostruzioni virtuali. “Il rigore storico di qualsiasi visualizzazione del passato al computer dipenderà sia dal rigore con cui sono state effettuate le ricerche archeologiche precedenti, sia dal rigore con cui tali informazioni vengono utilizzate per creare il modello virtuale” (5.1). “Tutte le fasi storiche registrate durante la ricerca archeologica sono estremamente preziose. Quindi, un approccio rigoroso non sarebbe quello che mostra solo il momento di splendore dei resti archeologici ricostruiti o ricreati, ma piuttosto quello che mostra tutte le fasi, compresi i periodi di declino. Non dovrebbe nemmeno mostrare un'immagine idilliaca del passato con edifici apparentemente di nuova costruzione, persone che sembrano modelli, ecc., ma piuttosto un'immagine reale, cioè con edifici in diversi stati di conservazione, persone di diverse dimensioni e pesi, ecc. (5.2). In generale, dovrebbe prestare molta attenzione ai dettagli, perché una cosa è ciò che vogliamo trasmettere e un'altra cosa è ciò che effettivamente trasmettiamo.

“L'ambiente, il paesaggio o il contesto associato ai resti archeologici è importante quanto la rovina stessa. La ricerca paleobotanica, paleobotanica, paleozoologica e fisica paleoantropologica deve servire come base per condurre rigorose ricreazioni virtuali del paesaggio e del contesto. Non possono mostrare sistematicamente città senza vita, edifici solitari o paesaggi morti, perché si tratta di una

falsità storica” (5.3). L’incorporazione di figure umane nei modelli 3D è probabilmente uno dei problemi più ricorrenti. Diversi ricercatori hanno soluzioni diverse che vanno dall’incorporazione di figure in stile cartoon all’incorporazione di attori reali utilizzando la tecnica del chroma keying. Soluzioni intermedie sono state utilizzate anche come sagome scure di attori reali o sagome scure di figure umane modellate in 3D. In ogni caso, l’umanizzazione degli spazi digitali contribuisce ad aumentare la precisione storica; per questo motivo questo tema dovrebbe essere oggetto di un dibattito molto più approfondito. “La registrazione del patrimonio archeologico è estremamente importante non solo per l’archiviazione, la documentazione, l’analisi e la diffusione, ma anche per la gestione. Nuove tecniche come la fotogrammetria o gli scanner laser possono essere utilizzate per aumentare la qualità della documentazione scientifica. Nel modo in cui la migliore documentazione metrica del patrimonio archeologico viene effettuata più in alto sarà la possibilità di monitorare e ottenere repliche storiche e di valore” (5.4). A questo punto, però, si dovrebbe riflettere sulla politica di digitalizzazione che continua ancora oggi, con alcuni monumenti e siti archeologici che sono stati oggetto di innumerevoli digitalizzazioni, mentre altri rimangono dimenticati e incontaminati.

2.4.6 Principio 6: Efficienza

“Il concetto di efficienza applicato al campo dell’archeologia virtuale dipende inesorabilmente dal raggiungimento di un’adeguata sostenibilità economica e tecnologica. Utilizzare meno risorse per ottenere sempre di più e migliori risultati è la chiave dell’efficienza”. “Qualsiasi progetto che preveda l’utilizzo di una visualizzazione computerizzata nel campo del patrimonio archeologico deve pre-visualizzare le esigenze di manutenzione economica e tecnologica che saranno generate una volta installate ed operative” (6.1). “La priorità deve essere data a sistemi che inizialmente possono richiedere elevati investimenti, ma che a lungo termine possono generare profitti, con costi di manutenzione minimi ed elevata veridicità, cioè saranno preferiti sistemi a basso consumo, resistenti, facili da riparare o modificare” (6.2). “Quando possibile, attingere ai risultati ottenuti da precedenti progetti di visualizzazione, evitando la duplicazione, cioè eseguendo lo stesso lavoro due volte” (6.3). I risultati ottenuti da alcuni progetti dovrebbero essere la base per

il lavoro futuro, poiché partire da zero è uno scarso utilizzo di risorse già scarse. Per questo motivo, è essenziale andare avanti nella creazione di banche dati globali (Principio 7), incorporando una chiara politica di accesso e di utilizzo delle informazioni memorizzate utilizzando, ad esempio, il sistema Creative Commons.

2.4.7 Principio 7: Trasparenza scientifica

“Ogni visualizzazione informatica deve essere essenzialmente trasparente, cioè verificabile da altri ricercatori o professionisti, poiché la validità, e quindi la portata, delle conclusioni prodotte da tale visualizzazione dipenderà in gran parte dalla capacità di altri di confermare o confutare i risultati ottenuti”. “È chiaro che tutte le visualizzazioni al computer implicano una grande quantità di ricerca scientifica. Di conseguenza, per raggiungere il rigore scientifico e accademico nei progetti di archeologia virtuale è essenziale preparare basi documentarie in cui raccogliere e presentare in modo trasparente l'intero processo di lavoro: obiettivi, metodologia, tecniche, ragionamento, origine e caratteristiche delle fonti di ricerca, risultati e conclusioni” (7.1). Essi dovrebbero logicamente essere autorità pubbliche responsabili della promozione e del sostegno di queste basi di dati attraverso i rispettivi ministeri o direzioni della cultura. “Ferma restando la creazione di tali banche dati, è essenziale promuovere la pubblicazione dei risultati dei progetti di archeologia virtuale in riviste, libri, rapporti e mezzi editoriali, sia scientifici che divulgativi, per l'informazione, la revisione e la consultazione della comunità scientifica internazionale e della società in generale” (7.2). Purtroppo molti progetti di archeologia virtuale rimangono inediti, soprattutto quelli sviluppati da aziende private, i cui interessi sono solitamente diversi da quelli dei ricercatori accademici. Si dovrebbe fare uno sforzo maggiore per avvicinare la pubblicazione del lavoro sul campo alle aziende private, facilitando i canali di pubblicazione adattati alle loro capacità e ai loro interessi. “L'incorporazione di metadati e paradata è fondamentale per garantire la trasparenza scientifica di qualsiasi progetto di archeologia virtuale. Paradata e metadati dovrebbero essere chiari, concisi e facilmente disponibili. Inoltre, dovrebbero fornire quante più informazioni possibili. La comunità scientifica dovrebbe contribuire con la standardizzazione internazionale dei metadati e dei paradata” (7.3). Indubbiamente,

i sistemi di standardizzazione di metadati e paradata sono uno dei grandi compiti incompiuti della comunità scientifica internazionale. La sfida è quella di realizzare un sistema che non sia eccessivamente complesso o costoso. “In generale, la registrazione e l'organizzazione di tutta la documentazione relativa ai progetti archeologici virtuali si baserà sui Principi per la registrazione di monumenti, gruppi di edifici e siti ratificati dall'11^a Assemblea Generale dell'ICOMOS nel 1996” (7.4). “Nell'interesse della trasparenza scientifica, è necessario creare una grande banca dati accessibile a livello mondiale con progetti che offrano livelli di qualità ottimali (art. 8.4), senza pregiudicare la creazione di banche dati nazionali o regionali di questo tipo” (7.5). Queste banche dati dovrebbero memorizzare tutti i tipi di modelli 3D come ricostruzioni virtuali o digitalizzazioni 3D. A volte sarebbe consigliabile disporre di banche dati che, oltre a conservare i risultati finali dei progetti, includano anche dati grezzi. Ad esempio, nel caso della fotogrammetria, sarebbe particolarmente utile memorizzare non solo il modello 3D finale, ma anche le fotografie utilizzate per ottenere il modello 3D, poiché gli algoritmi attualmente utilizzati per elaborare queste immagini saranno certamente migliorati in futuro. Con i nuovi algoritmi si potranno ottenere risultati molto migliori con gli stessi dati. D'altra parte, non possiamo dimenticare che il patrimonio archeologico è seriamente minacciato dalla possibilità che la documentazione ottenuta sul campo possa essere preziosa in futuro contro il rischio di distruzione del bene documentato.

2.4.8 Principio 8: Formazione e valutazione

“L’archeologia virtuale è una disciplina scientifica legata alla gestione completa del patrimonio archeologico che ha un proprio linguaggio e tecniche specifiche. Come qualsiasi altra disciplina accademica, richiede programmi specifici di formazione e valutazione”. “È necessario promuovere programmi di formazione post-laurea di alto livello per rafforzare la formazione e la specializzazione di un numero sufficiente di professionisti qualificati in questo campo” (8.1). Il futuro di questa disciplina è inesorabilmente unito alla formazione universitaria formale. Quanto più alta è la formazione, tanto migliori sono i risultati ottenuti dai progetti di archeologia virtuale. “Quando le visualizzazioni computerizzate sono concepite come strumenti per l’edutainment e la conoscenza del pubblico in generale, il metodo più appropriato di valutazione sarà lo studio del visitatore” (8.2). “Quando le visualizzazioni computerizzate sono destinate a servire come strumento per la ricerca archeologica e la conservazione, il metodo di valutazione archeologica più appropriato sarà la sperimentazione da parte di un numero rappresentativo di utenti finali, cioè di professionisti” (8.3). “La qualità finale di qualsiasi visualizzazione computerizzata deve essere valutata in base al rigore delle misure e non alla spettacolarità dei risultati. Il rispetto di tutti i principi determinerà se il risultato finale di una visualizzazione computerizzata può essere considerato o meno “di alta qualità”. (8.4).

Capitolo 03 |

**Il Rilievo come modello mentale:
sperimentazioni e modalità di
acquisizione dati
e restituzione grafica**

Appare evidente che un rilievo deve essere accuratamente progettato sotto tutti i punti di vista: scelta e criteri di impiego dei diversi metodi, ordine delle varie operazioni di misura e verifica, tempistica delle operazioni stesse e quindi numero di operatori necessari per poter effettuare le diverse fasi nei termini di tempo concessi. Inoltre anche le competenze dei diversi operatori devono essere valutate attentamente in funzione dei particolari dati che si intende raccogliere.

Nel progetto di Rilievo sembra possibile individuare due fasi essenziali. La prima comprende in generale due diverse operazioni: realizzazione degli eidotipi relativi all'intero edificio a livello di ingombro e di quelli volti alla comprensione dell'architettura oggetto di studio, dal tutto alle singole parti; costruzione topografica di una poligonale chiusa che funga da supporto tanto al rilievo diretto, quanto a quelli eseguiti tramite fotogrammetria o laser-scanning.

La seconda fase consiste essenzialmente nella raccolta delle misure, e quindi presuppone che sia stata fatta la scelta relativa ai metodi da utilizzare e alle loro modalità di impiego, ciò può essere stabilito solo dopo un accurato esame del manufatto.

Infatti, solo lo studio della morfologia e della conformazione dell'opera può permettere di individuare sia i metodi reputati più corretti per il suo rilievo, sia il posizionamento dei piani lungo i quali far passare le diverse sezioni necessarie alla completa determinazione geometrica della realizzazione del modello grafico.

Il Rilievo diretto costituisce ancora oggi la metodologia più diffusa, nonostante siano state introdotte, soprattutto durante il secolo scorso, numerose nuove metodologie legate all'utilizzo di strumentazioni innovative. Esso, infatti, al presente, si configura come quello di più semplice esecuzione, non richiedendo l'ausilio di particolari macchine caratterizzate da costi elevati, soprattutto se abbinato a operazioni di rilevamento topografico, esso è capace di garantire un grado di precisione sufficientemente attendibile. Inoltre tale metodo consente la realizzazione di una rappresentazione completa dal particolare manufatto oggetto d'indagine, permettendo la totale definizione geometrica di piante, sezioni e prospetti¹³.

¹³Mario DOCCI, Diego MAESTRI, Manuale di rilevamento architettonico e urbano, Laterza, Bari 1994, pp. 14-16.

IL RILIEVO ARCHITETTONICO

- ✓ Campagna di conoscenza
- ✓ Operazioni di rilievo integrato applicate all'acquisizione e all'elaborazione del dato.



- ✓ Scala paesaggistica
- ✓ Scala urbana
- ✓ Scala architettonica

4 fasi operative fondamentali:

1. Rilievo diretto e analisi mirata per approfondimenti successivi
2. Rilievo strumentale
3. Rilievo unificato* per la conoscenza e la documentazione
4. Restituzione, archiviazione e gestione del "documento architettonico"

*rilievo unificato, riunito in un insieme organico

Fig.13 Le 4 fasi operative di progetto

Ciò non toglie che in alcuni casi, ad esempio laddove il rilievo sia finalizzato ad una capillare operazione di restauro o alla determinazione di spostamenti anche minimi, volta a comprendere le dinamiche di trasformazione strutturale di una particolare architettura, il rilievo diretto possa non essere il metodo migliore. Esso infatti non è in grado di porre in evidenza differenze dimensionali e geometriche che, date le proporzioni degli oggetti misurati, possono attestarsi intorno pochi millimetri. Per una corretta valutazione di simili anomalie, attualmente le pratiche di rilievo che sembrano essere più idonee si possono ridurre sostanzialmente a due tipi: il metodo stereo fotogrammetrico e quello basato sulla scansione tridimensionale, entrambi in grado di raggiungere (almeno per oggetti di ridotte dimensioni) livelli di approssimazione intorno al millimetro. In questo senso, per esempio, basti pensare al fatto che l'utilizzo di questi metodi oggi permette di valutare a distanza di tempo l'erosione subita da particolari bassorilievi o sculture.

I metodi di rilievo legati al laser-scanning e alla fotogrammetria, sono in grado di fornire indicazioni estremamente precise per definire in modo esaustivo l'intera morfologia di un edificio, in quanto le tecniche strumentali oggi presentano in generale caratteristiche estremamente valide, e spesso risultano essere comunque insostituibili.

L'esecuzione delle operazioni di misurazione nell'ambito di un rilievo diretto presuppone necessariamente l'esistenza di svariate basi di supporto su cui annotare le misure che vengono progressivamente raccolte. Prima di dare inizio alle operazioni relative all'utilizzo degli strumenti necessari alle misurazioni, bisogna provvedere alla realizzazione di tutti i necessari schizzi preliminari eseguiti dal vero.

Non è possibile però pensare ad una redazione casuale degli eidotipi, effettuata di volta in volta parallelamente allo svolgimento delle operazioni di misura. Essi, al contrario, devono rappresentare una fase di conoscenza, di appropriazione, da parte del rilevatore, dell'essenza del manufatto, e come tali devono essere realizzati durante la fase di studio precedente al rilievo metrico vero e proprio.

Effettuare un rilevamento architettonico, significa capire davvero l'opera in esame cogliendone tutti i valori (costruttivi, dimensionali, formali e spaziali), attraverso un'opera di chiarificazione geometrica, di misurazione, di conoscenza storica e tecnologica, ma soprattutto un'operazione di lettura, dell'organismo architettonico e di trascrizione grafica della qualità formale e architettonica dello stesso.

Il rilevamento architettonico deve dunque cogliere, dell'edificio, non gli aspetti contingenti, episodici o esteriori, maggiormente sottoposti a interpretazione soggettiva, ma quelli che distinguono una particolare opera da molte altre simili, approdando alla conoscenza effettiva e il più particolareggiata possibile di un determinato organismo edilizio e consentendo, attraverso la comprensione, e la raffigurazione dei dati eloquenti che lo riguardano, la determinazione delle parti originarie, come pure delle trasformazioni da esso subite.

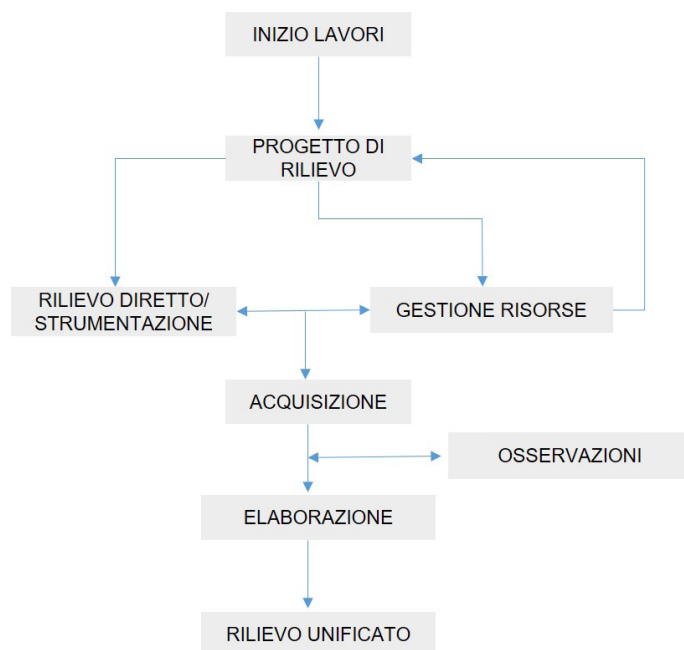


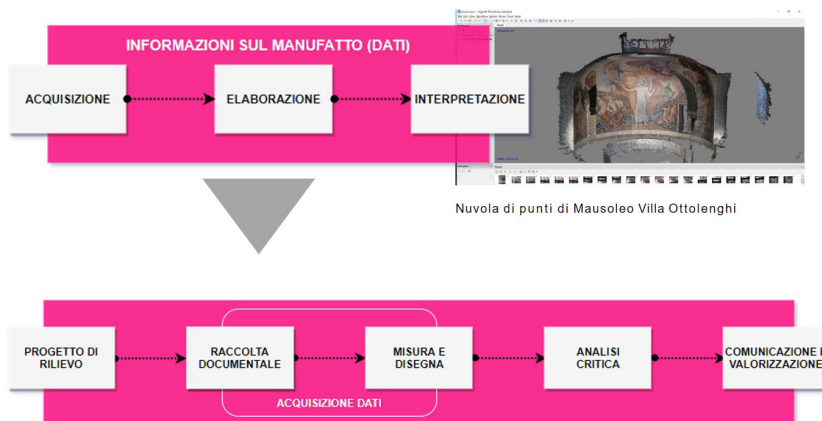
Fig. 14 Sistematizzazione di indagine tramite lo sviluppo di rilievo integrato in rilievo unificato

3.1 Finalità del Rilievo: un obiettivo variabile

Il Rilievo è atto indispensabile, in un'ampia gamma di lavori di pertinenza dell'architetto e in varie discipline, quali il restauro, l'urbanistica, la storia dell'architettura, le tecnologie strutturali e costruttive, l'archeologia, il censimento dei beni architettonici, in tema di sicurezza nella gestione degli elaborati di rilievo in corso di interventi di soccorso durante calamità naturali o eventi traumatici e la didattica delle facoltà di Architettura e Ingegneria. Più in particolare è indispensabile per il restauro degli edifici, per la loro funzionalizzazione, per lo studio e per le varie ricerche su un organismo architettonico, allorché necessario per verificare la corrispondenza fra disegni di progetto e costruito e infine quando si vuole intervenire su un complesso o su un'area urbana di cui se ne voglia conservare la documentazione dello stato precedente all'intervento.

In sostanza tale disciplina è indispensabile in tutta una serie di interventi, che da temi generali possono giungere a temi particolarissimi e di diversa entità.

Un primo ambito in cui il Rilievo risulta fondamentale per la conoscenza di un'opera è nell'analisi storico-critica di questa infatti è strettamente legato all'analisi storica, di cui costituisce, o dovrebbe costituire, l'ossatura portante in quanto ha la capacità di creare un rapporto profondo fra opera rilevata e rilevatore, attraverso un'accentuazione del processo percettivo.



Schema sulle principali azioni operate sui dati di rilievo.

Fig. 15 Schema sulle principali azioni operate sui dati di rilievo

Non bisogna sottovalutare che alla base rilievo c'è ovviamente il Disegno implicitamente selezione, analisi e interpretazione della realtà, individuazione razionale delle caratteristiche architettoniche e dei fenomeni agenti sulla costruzione, esemplificazione delle tecniche esecutive e delineazione delle fasi costruttive.

Se ne deduce che l'analisi storico- architettonica presume necessariamente studio che, nella maggior parte dei casi, può essere effettuato solo mediante un rilievo accurato.

Il Rilievo si pone invece come fondamentale mezzo d'indagine, non solo per quanto riguarda le parti esterne, ossia quelle che forniscono l'immagine dell'opera, ma anche per ciò che si riferisce a quelle interne, non visibili, che sono altrettanto e spesso più importanti delle prime, evidenziando anche le peculiarità tecnico-costruttive (rilievo strutturale) L'esercizio del "Rilievo" è stato fin dal Rinascimento, anche se sotto diversi aspetti teorico-pratici, uno dei principali strumenti per la formazione professionale degli architetti, sia per l'avvio degli allievi alla comprensione dell'architettura.

Con il passare del tempo, questa attività si è indirizzata sempre più verso finalità divulgative e didattiche, basate spesso su concetti predeterminati inerenti l'architettura, specie nell'ambito delle Accademie, subendo una trasformazione critica e a volte antistorica, contrassegnata da prese di posizione di diverso segno da parte di molti artisti¹⁴.

La cultura architettonica e quella storico-critica odierni riconoscono alla disciplina del Rilievo un forte contenuto didattico-educativo. Chi si accosta a tale tipo di esperienza infatti, ha la possibilità di confrontarsi con la realtà operativa, misurando, operando razionalmente, abituandosi alla pratica del controllo percettivo delle dimensioni fisiche dell'opera architettonica, senza contare che l'analisi grafica, condotta direttamente, è un grande e insostituibile mezzo di conoscenza.

Il Rilievo architettonico comprende un arco didattico ampio e articolato: da un lato, la metodologia di analisi e di ricerca su cui è fondato, costituisce già di per sé un orientamento generale di studio aperto e stimolante, dall'altro il rigore scientifico e l'ampiezza d'indagine che debbono contraddistinguerlo favoriscono il sorgere di sempre nuovi stimoli di interesse.

Essendo basato essenzialmente su rapporti diretti, chiari e precisi, tra rilevatore e oggetto da rilevare, costituisce un'impegnativa palestra di formazione professionale. La concatenazione inoltre, delle varie fasi di lavoro, la continua verifica a cui ogni fase deve essere periodicamente sottoposta, la connaturata praticità di tale disciplina, l'osservazione attenta dei fenomeni costruttivi, strutturali, linguistici dell'architettura, pongono il Rilievo tra le discipline più utili, non solo ai fini della conoscenza dell'architettura, ma anche per il conseguimento di una migliore e più consapevole capacità progettuale.

"[...] Il rilevamento abitua dunque, in sintesi, all'osservazione diretta, alla comprensione geometrico-strutturale di un edificio e alla corrispondente stesura sulla carta di quanto osservato, alla percezione delle relazioni dimensionali e spaziali intercorrenti tra le parti di un organismo edilizio, allo studio dell'insieme, a anche del valore che ogni singolo elemento ha in se stesso e in relazione agli altri, all'individuazione infine, dei fenomeni e delle cause che li ha prodotti. La componente pratica, assai importante, consente poi di ottenere una metodologia di lavoro basata sulla costante verifica di quanto si viene producendo e sul controllo finale del rapporto tra elemento reale, intenti programmatici

¹⁴ Concetto ampiamente documentato in M. DOCCI, Diego MAESTRI, Il rilevamento architettonico[...], cit., p. 15.

e risultati ottenuti. [...]»¹⁵. Poiché inoltre la complessità dell'architettura è tale da rendere difficile la trascrizione sulla carta di quanto misurato, il Rilievo costituisce un'utile scuola per imparare a scomporre fatti ed elementi essenziali da altri che, pur importanti, risultano secondari ai fini rappresentativi, per cogliere quelli che sono i caratteri salienti di un'opera capaci di definire compiutamente l'essenza di una certa scala di riduzione, e a discretizzare, secondo un numero finito di segni, di operazioni e misure, un oggetto spaziale, cioè a tre dimensioni, non divisibile, da percepire nella sua concretezza formale più che numeri astratti. Il Rilievo è infine utile alla comprensione dell'architettura in relazione al suo contesto urbano, vale a dire all'analisi di quegli elementi che sono alla base dell'aggregazione urbana, intesa come insieme fenomenologico, oltre che come complesso di valore storico e figurativo¹⁶.

3.2 Il Rilievo come strumento conoscitivo unificato

Solo l'analisi congiunta degli scopi del rilevamento e delle forme di rappresentazione che si ritengono utili e necessarie per documentare e trasmettere i risultati dell'operazione consentono agli esperti di rilievo metrico di pianificare una corretta operazione di misura e una successiva produzione di elaborati che costituiranno la base geometrica di partenza per le rappresentazioni. Un continuo confronto delle due personalità, quella tecnica per la misurazione e quella tecnico-umanistica per il rilevamento del bene culturale, consente ai primi di sviluppare nuovi metodi e nuove forme di restituzione dei risultati dell'operazione di misura sempre più aderenti alle necessità del rilevamento dei Beni Culturali¹⁷.

¹⁵M. DOCCI, Diego MAESTRI, Il rilevamento architettonico [...], cit., p. 15.

¹⁶Il Rilievo inteso come "urbano" è uno dei tanti aspetti di questa disciplina ampiamente studiato nelle diverse facoltà di architettura italiane. A tale proposito possiamo ricordare le ricerche fatte dal prof. Mario Docci nella Facoltà di Architettura La Sapienza di Roma raccolte in diverse pubblicazioni, ad esempio cfr. Mario DOCCI, Diego MAESTRI, Manuale di rilevamento architettonico e urbano, Laterza, Bari 1994. Altre ricerche sono quelle del prof. Cesare Cundari della Facoltà di Architettura La Sapienza di Roma pubblicate in Cesare CUNDARI, Laura CARNEVALI, (a cura di), Il Rilievo urbano per sistemi complessi, un nuovo protocollo per un sistema informativo di documentazione e gestione della città, Edizioni Kappa, Roma 2003. Cesare CUNDARI, Laura CARNEVALI, (a cura di), Il rilevamento urbano, Tipologia Procedura Informatizzazione, Edizioni Kappa, Roma 2003. Inoltre possiamo ricordare il prof. Dino Coppo (DISET, Facoltà di Ingegneria Edile, Politecnico di Torino) con Secondino COPPO, Pia DAVICO, (a cura di), Il disegno dei portici a Torino: architettura e immagine urbana dei percorsi coperti da Vitozzi a Piacentini, Celid, Torino 2001. Secondino COPPO, Il disegno di luoghi e mercati a Torino, Celid, Torino, 2006.

¹⁷ Nel seguito sarà utilizzata la seguente terminologia. "Rilevamento" indica l'insieme

In linea di principio è necessario assumere che nessuna delle tecniche attualmente disponibili può essere scartata a priori. Nei paragrafi seguenti verranno messi in luce i vantaggi e gli svantaggi di ogni singola tecnologia e sarà intuitivo dedurre che non esiste una tecnica di misura che può, da sola, risolvere in modo tecnicamente ed economicamente soddisfacente un problema di misura.

Un secondo dato che deve essere tenuto in conto è che tutte le misurazioni effettuate su di un bene devono poter essere ricondotte ad un unico sistema di riferimento tridimensionale, per cui anche le tecniche che per loro natura prevedono l'esecuzione di misura in sistemi di riferimento locali devono essere organizzate in modo da consentire un automatico inserimento dei risultati nel sistema di riferimento spaziale scelto per la descrizione della geometria dell'oggetto.

Non meno importante è la definizione della precisione finale richiesta: questa può essere definita solo in accordo con lo specialista che gestisce il rilevamento.

È intuitivo quindi che non si possono definire a priori le migliori tecniche di Rilievo metrico per i Beni Culturali: la scelta dei metodi di misura varia da caso a caso in funzione dei parametri prima citati: la precisione e i tipi di rappresentazione che si intendono realizzare.

Il progetto di un intervento di Rilievo metrico comprende quattro fasi fondamentali:

- definizione degli obiettivi del rilievo metrico;
- recupero e validazione di rilievi metrici già eseguiti sull'oggetto;
- analisi dell'oggetto e selezione dei punti da rilevare;
- organizzazione delle fasi operative e individuazione delle tecniche da utilizzare. A parte l'ultima fase prettamente tecnologica e quindi realizzabile in modo autonomo dagli specialisti di rilievo metrico, le prime tre fasi richiedono un lavoro di squadra tra i vari specialisti che operano per il rilevamento dell'oggetto. Solo una paziente opera di confronto e di disamina dei punti sopra elencati consente di definire il progetto del rilievo metrico in tutta la sua complessità.

delle operazioni che consentono di addivenire alla lettura critica del bene culturale, mentre "misurazione" o "rilievo metrico" indicano l'insieme delle operazioni che consentono la definizione della geometria del bene oggetto del rilevamento.

SCHEMA OPERATIVO DEL PROGETTO DI RILIEVO E DOCUMENTAZIONE

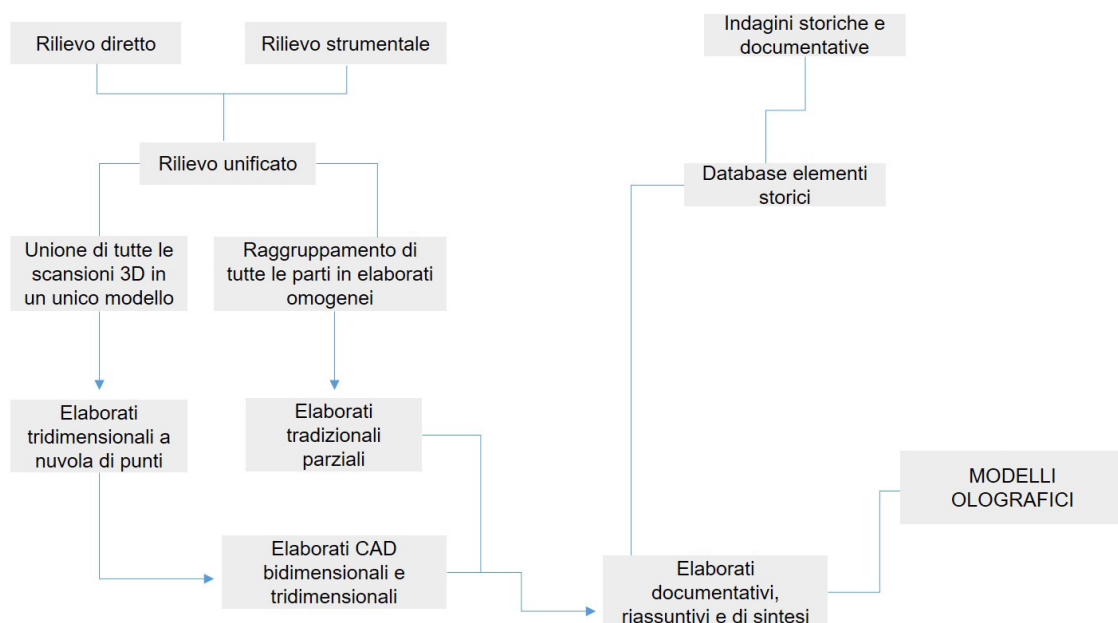


Fig.16 Flowchart delle fasi iniziali del processo di rilievo

Ogni scopo, una volta chiaramente definito, consente di comprendere l'entità delle tolleranze da raggiungere e i tipi di rappresentazione che si intendono predisporre: elaborati tradizionali (piante, prospetti, sezioni), orto-proiezioni, modelli 3D virtuali e/o reali, basi geometriche per la costituzione di Sistemi Informativi Spaziali, ecc...

In questa fase molto utile è la ricerca storica che, in una operazione di rilevamento di un oggetto architettonico, deve comprendere anche la ricostruzione storica dei precedenti interventi di rilievo e di rappresentazione dell'oggetto dello studio.

Questa operazione di verifica dovrebbe essere condotta con rigore adottando i criteri classici del collaudo di un rilievo metrico generale. Si selezionano casualmente un significativo numero di elementi geometrici, si ripetono le misure di tali elementi con tecniche in grado di garantire precisioni esuberanti rispetto a quelle richieste dall'operazione di rilievo metrico in progetto e si determinano gli scarti tra queste due serie di dati.

Il recupero del contenuto metrico di un elaborato consiste nella

conversione delle misure ritenute accettabili nei formati che si adatteranno per la costituzione della base geometrica.

Questa fase non risulta semplice e dovrebbe essere definita in dettaglio da parte di esperti di rilievo metrico in modo da non introdurre errori significativi durante la conversione dei dati.

Definite le tolleranze, i gradi di dettaglio da utilizzare nelle varie parti dell'oggetto considerato e tenendo conto di quanto è possibile recuperare da rilievi precedenti, è possibile passare ad una attenta pianificazione dei dati metrici da acquisire: coordinate di punti e immagini.

Anche questa operazione deve essere condotta in squadra in quanto in questo momento si possono verificare ed eventualmente correggere le analisi condotte nelle due fasi precedenti. In questa fase devono essere prodotti gli eidotipi¹⁸ che serviranno per il monitoraggio in continuo delle varie fasi del rilievo metrico vero e proprio.

Il rilievo fotogrammetrico risale al XIX secolo e consente la misura 3D delle coordinate di tutti i punti fotografati da due punti di vista diversi. La vera misura avviene con la ripresa delle immagini fotografiche e con la determinazione dei parametri utili a conoscere la posizione che tali immagini avevano nello spazio nel momento in cui sono state riprese (parametri di orientamento esterno).

I vantaggi del rilievo fotogrammetrico sono molteplici. Innanzitutto la fase di acquisizione dei dati (le immagini e alcuni punti di coordinate note utili per la determinazione dell'orientamento delle stesse) è molto breve riducendo i disagi degli operatori che con i metodi visti in precedenza devono trascorrere molto tempo a diretto contatto con l'oggetto in condizioni a volte non agevoli. Una volta acquisite ed orientate le immagini virtualmente tutte le coordinate dei punti ripresi dalle due immagini sono già rilevati. L'estrazione delle loro posizioni spaziali è un'operazione che avviene in laboratorio nei tempi e con le modalità di volta in volta necessari. Infine il rilievo fotogrammetrico, se correttamente applicato, consente di raggiungere le precisioni desiderate di qualunque entità esse siano.

L'introduzione della tecnica LIDAR nel rilievo degli oggetti architettonici è recente anche se il principio di funzionamento è quello delle stazioni totali. Gli strumenti LIDAR dirigono un raggio laser lungo un numero

¹⁸ dal greco *èidos*, aspetto+tipo. Disegno non in scala, detto anche abbozzo a vista, che riproduce i particolari più importanti di un oggetto da rilevare. Su di esso vengono indicate successivamente tutte le operazioni di misura effettuate in modo da avere un controllo continuo dell'esecuzione dei lavori.

elevato di direzioni nello spazio secondo incrementi di angolo azimutale e zenitale prefissati e misurano la distanza tra il centro strumentale e il punto intercettato dal raggio laser. La logica del rilievo, a differenza di quanto avviene con il metodo celerimetrico e con il metodo fotogrammetrico dove la scelta dei punti è guidata dall'operatore, è del tutto priva di intelligenza tanto che solitamente i punti utili al rilievo non vengono misurati ma devono essere ricavati a partire dai numerosi punti rilevati nel loro intorno mediante complesse operazioni di modellazione solida delle nuvole di punti acquisite.

Oggi la tecnica LIDAR rappresenta una delle metodologie più efficaci, le sue potenzialità si esaltano se integrata con la tecnica della fotogrammetria digitale che consente di associare al modello 3D geometrico dell'oggetto anche la sua descrizione radiometrica per la produzione di modelli 3D realistici e ortofoto.

Le precisioni raggiungibili sono dell'ordine del centimetro ed è possibile orientare automaticamente i punti rilevati nel sistema di riferimento prescelto. I limiti applicativi di tale tecnica sono legati al notevole costo delle attrezzature e alla difficoltà di post-processamento dei dati acquisiti.

Il Rilievo metrico ha un ruolo fondamentale all'interno del processo di rilevamento di un Bene Culturale: rappresenta il terreno comune sul quale tutte le altre indagini compiute sull'oggetto del rilievo possono trovare una comune collocazione consentendo di analizzarne i risultati con un'ottica più completa dove la localizzazione dei fenomeni studiati assume un'importanza difficilmente recuperabile in altro modo.

Senza rilievo metrico, molte delle forme di rappresentazione attualmente utilizzate non potrebbero venir generate e solo uno studio attento delle moderne evoluzioni delle tecniche di misura consente di ideare nuovi strumenti di rappresentazione e di comunicazione dell'oggetto tenendo conto anche delle capacità interpretative dell'utente cui il rilevamento è indirizzato.

La corretta progettazione ed esecuzione del rilievo deve essere affrontata da personale esperto che partecipa in modo attivo a tutto il processo di rilevamento cercando di adattare il rigore delle tecniche di misura e di calcolo al raggiungimento degli obiettivi del rilevamento senza dimenticare il necessario equilibrio economico dell'intervento.

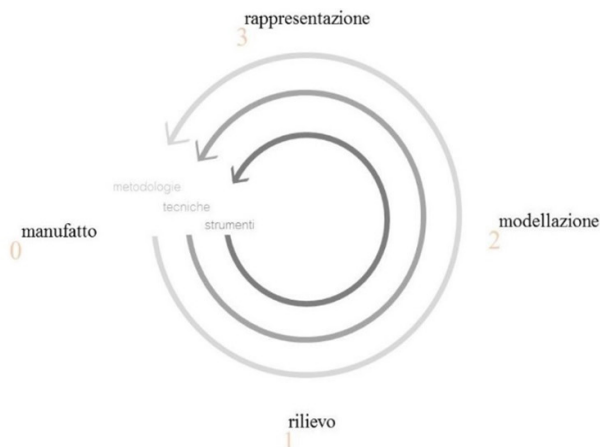


Fig.17 Il flusso di lavoro del processo di digitalizzazione prevede il passaggio dal manufatto alla sua rappresentazione per mezzo delle fasi di rilievo e modellazione¹⁹

Le nuove tecniche di misura che si inseriscono tra le possibili da utilizzare per il Rilievo metrico di un oggetto non sostituiscono mai in modo definitivo le tecniche tradizionali: le integrano, le completano ed estendono i possibili campi di applicazione. Se oggi è possibile pensare alla generazione di musei virtuali, di riproduzione di oggetti molto complessi lo si deve non tanto all'ideazione di una nuova tecnica di misura ma al miglioramento e all'automazione di processi di misura e calcolo ben noti. L'attuale automazione sempre più spinta in fase di acquisizione delle misure e di trattamento delle stesse non deve mai far dimenticare la necessità di un accurato progetto che tenga in debita considerazione sia il rispetto delle tolleranze del rilievo sia le effettive richieste del rilevamento.

¹⁹Cfr. Tesi di R. Nespeca, *Point Cloud come Sistema Informativo. Il trattamento della nuvola di punti in un rilievo integrato finalizzato alla documentazione digitale del Cultural Heritage*. Tutor: Prof. Clini

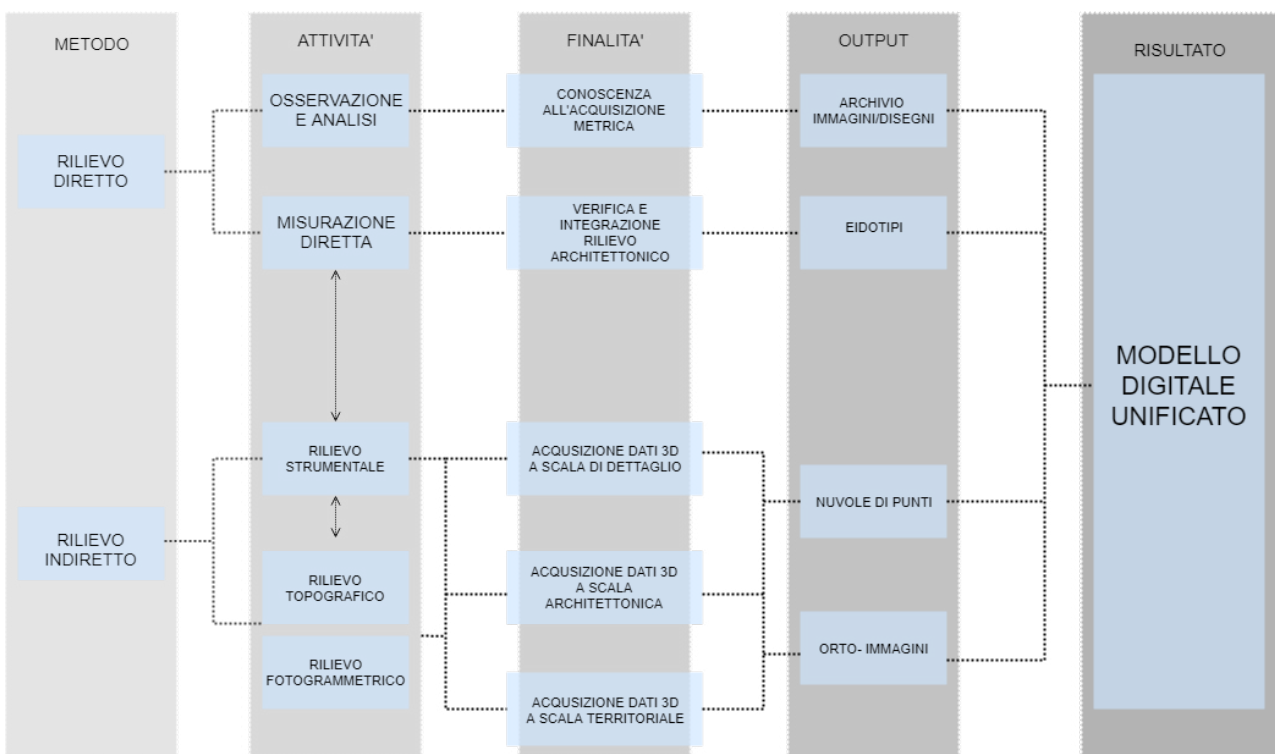


Fig.18 Schema fasi operative per ottenere modello digitale unificato

3.3 Fotogrammetria

La fotogrammetria²⁰ si configura come una disciplina in continua espansione, grazie alle sue caratteristiche legate alla capacità di descrivere con estrema precisione anche manufatti molto articolati. Essa ha infatti consentito il rilievo di edifici, o di parte di essi, anche molto complessi.

La fotogrammetria è una tecnica di rilievo che consente di ottenere informazioni metriche, come forma, dimensioni e posizione, di oggetti reali mediante la misura e l'interpretazione di immagini fotografiche.

I principi della fotogrammetria sono legati alle regole dell'ottica, non a caso la sopracitata tecnica deriva dall'invenzione della fotografia, in quanto acquisire delle informazioni sullo spazio fisico è un'esigenza specifica delle discipline che si interessano alla documentazione, rappresentazione, valorizzazione del patrimonio culturale.

L'immagine fotografica può infatti essere assimilata ad una proiezione centrale e quindi, attraverso costruzioni grafiche, è possibile stimare le posizioni nello spazio di punti facilmente riconoscibili nella rappresentazione prospettica di una scena ovvero da una fotografia.

Scopo della fotogrammetria è quindi la determinazione delle posizioni di punti nello spazio fisico a partire dalla misura delle posizioni dei punti corrispondenti su un'immagine fotografica. Ovviamente, affinché questo sia possibile, è necessario che siano note in modo preciso le relazioni geometriche fra le posizioni spaziali dei punti dell'oggetto rappresentato e quelle delle loro immagini sul piano della fotografia.

Ponendo quindi le basi sull'estrazione di informazioni geometriche a partire da delle immagini, la fotomodellazione può potenzialmente essere applicata all'analisi e alla ricostruzione di ciò che viene fotografato.

Le tecniche di acquisizione geometrica possono dividersi in due grandi famiglie: tecniche range-based (laser scanning) che usufruiscono di dispositivi che trasmettono il segnale che viene registrato dallo strumento stesso al fine di ricavare una misura di distanza, e tecniche image-based (fotogrammetria²¹ o fotomodellazione), che restituiscono un modello 3D a partire da una sequenza di immagini.

²⁰Come primo approccio bibliografico al tema cfr. Ugo SACCARDI, *Fotogrammetria: grafica ed analitica da immagini architettoniche non metriche, un metodo di rilievo*, Maggioli, Rimini 1993. Attilio SELVINI, *Elementi di fotogrammetria*, Città Studi, Milano 1994. Roberto CORAZZI, *Geometria "scienza del disegno", 2 :le proiezioni centrali, la prospettiva, la fotogrammetria*, Maggioli, Rimini 1998. Giorgio BEZOARI, Attilio SELVINI, *Gli strumenti per la fotogrammetria: storia e tecnica*, Liguori, Napoli 1999.

²¹Cfr. M. Gaiani, in De Luca L., *La fotomodellazione architettonica. Rilievo, modellazione, rappresentazione di edifici a partire da fotografie*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2011, p.9

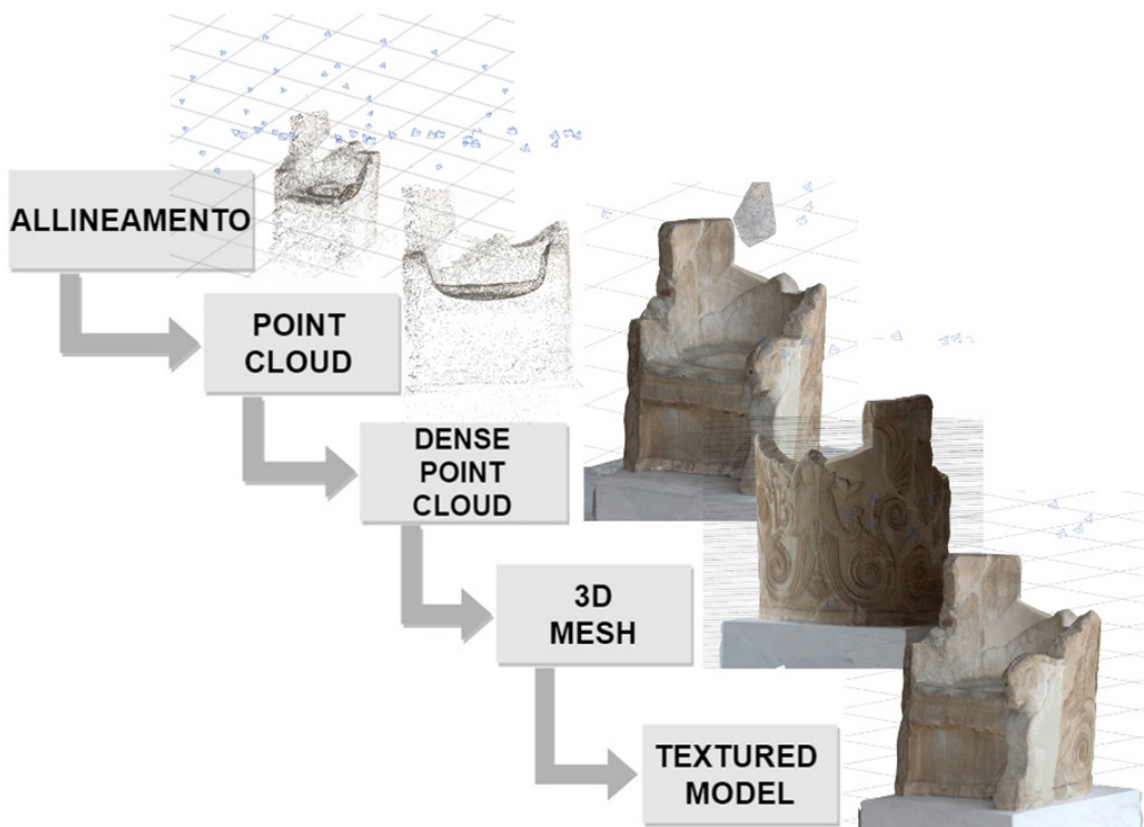


Fig.19 Fig. Structure from Motion. Tecnica di modellazione image-based che restituisce un modello 3D a partire da una sequenza di immagini. Acquisizione, elaborazione, esecuzione della nuvola di punti sparsi, nuvola densa, mesh e texture del trono con decorazione a rilievo di un edificio pubblico, riutilizzato come trono vescovile nel Partenone, in seguito alla conversione del tempio in chiesa cristiana nel VI secolo a.C. Sperimentazione nell'ambito Workshop "Ordine architettonico e contemporaneità – il disegno come strumento universale di conoscenza", organizzato dal dipartimento dAD, svoltosi ad Atene, 3-6 giugno 2019

Nell'ambito del Workshop Internazionale, "Ordine architettonico e contemporaneità" svoltosi lo scorso giugno ad Atene, l'approfondimento del rilievo del patrimonio culturale ha evidenziato come la rappresentazione digitale per l'apprendimento della cultura propone di ripensare le strategie strumentali per realizzare forme di fruizione alternativa dei luoghi, eseguendo una diretta applicazione in alcune opere presenti all'interno del Museo dell'Acropoli.



Fig.20 Nell' ambito del Workshop "Ordine architettonico e contemporaneità – il disegno come strumento universale di conoscenza", organizzato dal dipartimento dAD, 03- 06 giugno 2019, Atene. Referenti G. Pellegrì, F. Salvetti, M. Scaglione - Tutor S. Eriche ("Drawing and Representation: Environment-Landscape-City", 3-6 June 2019, Athens, Greece as part of the 9th Annual International Conference on Urban Studies & Planning sponsored by the Athens Journal of Architecture.) Ricostruzione fotogrammetrica della statua di una dea, forse Afrodite Pandemos. Fine del V secolo. A.C., Museo Acropoli Atene

Fasi del processo

Nella fotomodellazione la computazione di un modello in tre dimensioni di un edificio passa dalla caratterizzazione geometrica degli elementi che lo compongono alla restituzione dell'aspetto superficiale delle sue differenti parti. Tutto ciò corrisponde a tre diverse fasi d'elaborazione:

1. Acquisizione delle coordinate spaziali
2. Ricostruzione tridimensionale
3. Restituzione

La correlazione tra queste tre fasi si palesa nella scelta delle informazioni ricavate dalle fotografie per poter effettuare le operazioni di ricostruzione 3D in funzione delle procedure di modellazione geometrica. Essa dipenderà poi dall'approssimazione geometrica scelta in fase di modellazione oltretutto dalla strategia adottata per l'estrazione delle texture.

1. Acquisizione coordinate spaziali

La fase di acquisizione delle coordinate spaziali consiste nel determinare le caratteristiche metriche di quel che viene fotografato. Solitamente, per passare da una rappresentazione bidimensionale ad una tridimensionale è necessario avere a disposizione almeno 2 immagini.

Partendo dalle proiezioni note di un elemento e dalla conoscenza dei parametri concernenti le macchine fotografiche che sono state utilizzate, è possibile determinare posizione ed orientamento nello spazio delle stesse, al momento dello scatto. Vengono selezionati i punti di un'immagine o li si associa ai punti omologhi presenti in altre immagini relative alla stessa scena. Dopodiché, una volta che si sono ottenute un numero sufficiente di corrispondenze, una procedura denominata calibrazione ed orientamento delle camere permette di dedurre le relazioni proiettive tra i centri ottici delle macchine fotografiche, i punti sulle immagini e le coordinate 3d nello spazio, così facendo, sulla base della determinazione delle proprietà proiettive, delle posizioni e orientamenti di ogni fotografia è possibile ottenere la posizione nello spazio dei punti selezionati sulle immagini.

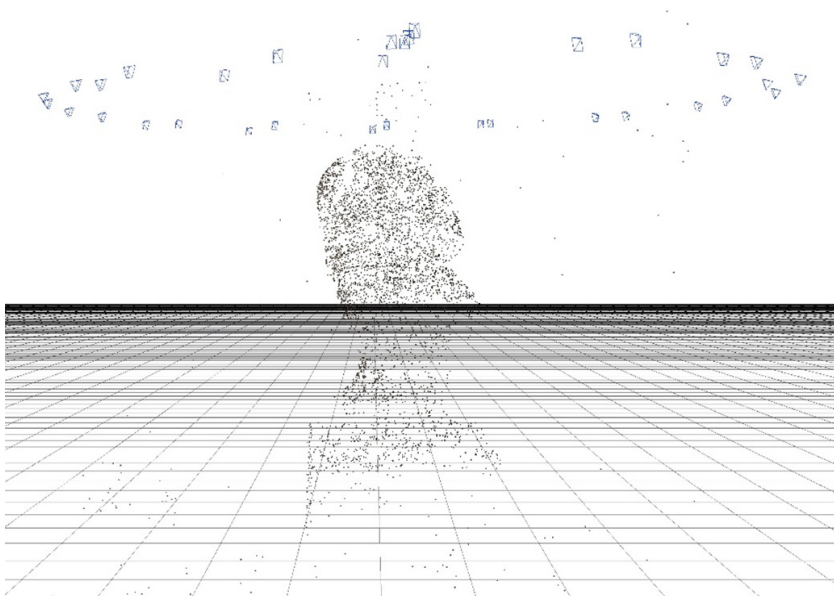


Fig.21 Acquisizione, processamento esecuzione della nuvola di punti sparsa, statua di una dea, forse Afrodite Pandemos. Fine del V secolo. A.C., Museo Acropoli Atene

2. La ricostruzione tridimensionale

Dopo aver definito i punti nello spazio, è possibile ricostruire una rappresentazione tridimensionale che raggruppi questi punti e che esprima la natura geometrica degli elementi della scena fotografata.

Questa fase coinvolge una vera e propria modellazione geometrica, che può basarsi sul posizionamento e sulla deformazione di primitive geometriche su delle funzioni di estrusione di facce poligonali o su procedure più complesse di generazione di superfici parametriche.

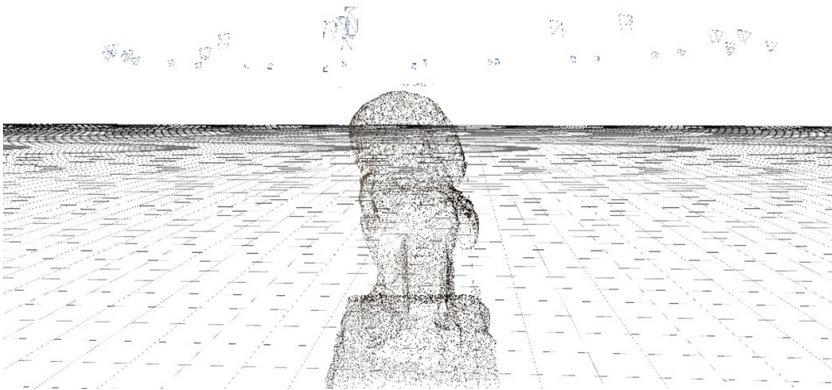


Fig.22 Acquisizione, processamento esecuzione della nuvola di punti densa, statua di una dea, forse Afrodite Pandemos. Fine del V secolo. A.C., Museo Acropoli Atene

3. Restituzione

Quel che interessa è fondamentalmente la descrizione degli aspetti superficiali, ovvero si tratta di associare al modello 3d, le texture acquisite al momento della ripresa fotografica.

Attraverso le relazioni proiettive stabilite durante la calibrazione dei centri ottici delle camere, i poligoni creati nello spazio ed i piani immagine, si possono quindi estrarre delle porzioni di immagine che vengono poi proiettate sul modello 3D.

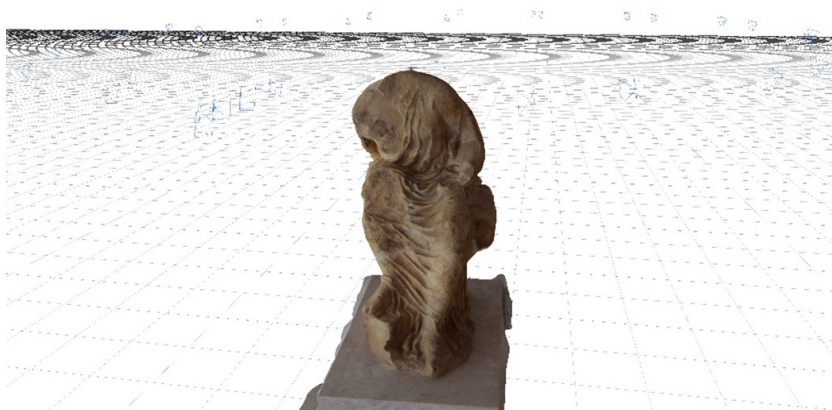


Fig. 23 Acquisizione, processamento esecuzione della mesh e texture, statua di una dea, forse Afrodite Pandemos. Fine del V secolo. A.C., Museo Acropoli Atene

La fotomodellazione è una tecnica di rilievo indiretta, può però essere visto come un vantaggio: la fotografia è un documento che garantisce la possibilità di ricavare delle misure complementari. In effetti l'informazione che si trova in una fotografia può essere estratta in maniera più o meno dettagliata in relazione alla finalità della restituzione ed alla complessità dell'oggetto.

In ogni caso è di fondamentale importanza prendere in considerazione la possibilità di associare alla ripresa fotografica il rilievo di punti o distanze di riferimento. Queste informazioni complementari potranno essere sfruttate per introdurre un'unità di misura nella scena fotomodellata, con lo scopo di definire dei vincoli geometrici in fase di calibrazione e di orientamento delle camere e per controllare i risultati. La qualità della calibrazione e dell'orientamento delle camere dipende dalla risoluzione.

3.4 Laser scanning: dal 3d al 2d

Nell'ambito della disciplina del rilievo, le metodologie di rilievo basate sull'utilizzo di laser scanner 3d risalgono agli anni 2000.

In questo senso l'uso di tale strumento (abbinato alla modellazione tridimensionale digitale), nonostante esistano applicazioni più o meno complete di grande interesse, può considerarsi come un metodo ancora in fase di sperimentazione. Il laser scanner viene spesso superficialmente identificato come lo strumento volto a sostituire tutte le metodologie di rilievo ormai consolidate, basate sui metodi topografici e fotogrammetrici. In realtà allo stato attuale delle cose, almeno per ciò che concerne il rilievo architettonico, le sperimentazioni finora svolte dimostrano come non sia ancora possibile definire una casistica in cui il laser-scanning risulti decisamente più efficace rispetto ai succitati metodi. È opportuno rimarcare che al fine di ottenere un corretto rilievo geometrico di un manufatto è sempre indispensabile integrare le diverse metodologie (fotogrammetria, laser-scanning e rilievo diretto) evitando di assegnare una supposta superiorità ad un metodo rispetto agli altri²². Senza voler entrare nello specifico tecnico dello strumento e delle metodologie ad esso sottese, in questa sede basta ricordare come anche il laser-scanning sia una tecnologia di rilievo a distanza la quale, attraverso l'utilizzo di un particolare strumento (il laser scanner appunto) consente di raccogliere un enorme numero di misure in un tempo estremamente breve (si parla di milioni di punti in pochi minuti), in maniera immediata. I dati raccolti vengono restituiti tramite una nuvola di punti che costituiscono una sorta di scomposizione dell'architettura rilevata. I punti rilevati sull'oggetto possono essere posti a distanze brevissime e lo strumento, viceversa, può essere posto anche a grande distanza, eliminando completamente la necessità di raggiungere direttamente ogni punto del particolare manufatto oggetto di rilievo.

Questo si traduce in una drastica riduzione di tempo e risorse nell'esecuzione delle operazioni di misura. Naturalmente esistono anche alcuni limiti all'utilizzo di detto strumento: limiti legati soprattutto alla precisione dell'apparecchio.

La precisione infatti diminuisce all'aumentare della distanza e della dimensione dell'oggetto. Ma soprattutto, nonostante sia quasi superfluo chiarirlo, un qualsiasi punto, per essere misurato deve essere

²²M. DOCCI, Metodologie innovative integrate per il rilevamento dell'architettura e dell'ambiente [...], cit. p. 12.

raggiungibile dal segnale del laser emesso dallo strumento. In questo senso qualsiasi elemento si trovi sul percorso rettilineo posto fra lo strumento e il punto da rilevare genererà un vuoto, una lacuna nella nuvola di punti; tale vuoto avrà la dimensione pari all'ombra proiettata dell'ostacolo considerando quale fonte luminosa la sorgente del laser. Si generano così spazi di occlusione che è necessario riempire attraverso ulteriori stazioni o in modo diretto. Risulta quindi del tutto evidente come, nel caso di architetture particolarmente complesse, possa essere necessario ricorrere ad un numero di scansioni tridimensionali estremamente elevato.



Fig.24 Restituzione nuvola di punti, software ReCap pro, del dipartimento dAD, nell'ambito del Workshop DRONI E LASER SCANNER IN ARCHITETTURA Esperienza integrata di rilievo dell'architettura: topografia, fotogrammetria e laser scanner- 09 aprile 2019

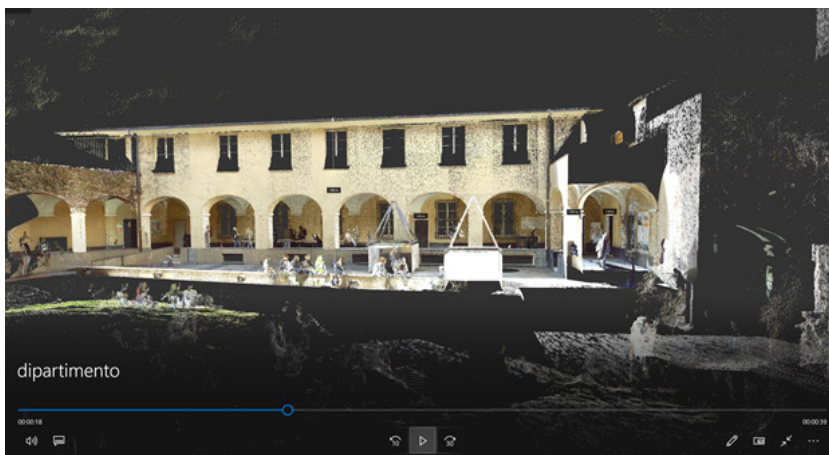


Fig. 25 Restituzione nuvola di punti, software ReCap pro, del dipartimento dAD, nell'ambito del Workshop DRONI E LASER SCANNER IN ARCHITETTURA Esperienza integrata di rilievo dell'architettura: topografia, fotogrammetria e laser scanner- 09 aprile 2019

Al fine di legare fra di loro nuvole di punti distinte, generate da stazioni diverse, è necessario porre sull'oggetto da rilevare un numero di mire relazionale alle sue dimensioni.

Per finire, un'ultima considerazione merita la fase di restituzione della nuvola di punti nel momento in cui questa viene trasferita su supporto informatico. Fino a qualche anno fa l'immensa mole di informazioni raccolte presentava grandi problemi di gestione legate ai software, ai processori e alle schede grafiche, attualmente, oltre all'aumento delle prestazioni dei computer di ultima generazione, esistono software in grado di diminuire semi-automaticamente il numero di punti, in modo tale da ridurre almeno in parte il problema legato alla sovrabbondanza di dati insita nel laser scanning, rendendo quindi più gestibili i files.

Inoltre, sempre in modo automatico, è oggi possibile trasformare una nuvola di punti fra di loro slegati in mesh poligonali che collegano i punti stessi, trasformandoli di fatto in vertici di figure piane, dando forma a un vero e proprio modello tridimensionale. Durante questa operazione si introduce però un nuovo fattore destinato ad aggiungere un ulteriore grado di indeterminatezza nella precisione del modello geometrico stesso. Per quanto sia fitta la maglia di punti rilevata, infatti, non sarà mai possibile pretendere dallo strumento che individui alla perfezione ogni singolo spigolo di ogni singolo elemento architettonico; l'operazione di determinazione degli spigoli è quindi lasciata all'operatore che agisce

sulla nuvola di punti e sul modello tridimensionale, lasciando ancora spazio al rilevatore. Anche in quest'ultimo caso il problema può essere parzialmente risolto rilevando alcune parti attraverso lo strumento o in modo diretto, oppure integrando il laser -scanning con un rilievo fotogrammetrico, attraverso il quale l'individuazione degli spigoli è sempre determinabile in modo univoco.

La problematica principale del metodo consiste nella georeferenziazione dell'immagine e nella loro mosaicatura automatizzata. La prima si realizza tramite corrispondenze dirette tra elementi sul modello 3d e visivamente riconoscibili sui fotogrammi (vertici, target, silhouette, ecc...), operazione della quale dipende la buona riuscita del sistema. Per semplificare tale operatività, alcuni software prevedono l'inserimento di dati derivanti da preventive calibrazioni della camera, così da poter considerare un numero di punti inferiore rispetto ad altri sistemi. I punti minimi suggeriti di default sono, in genere, insufficienti per scene articolate: ne consegue una mediazione di punti omologhi distribuiti omogeneamente nell'inquadratura del fotogramma, su piani distinti e a differenti profondità, al fine di ottenere un'ottimizzazione della procedura ai minimi quadrati per la riduzione degli scarti. Certo che il numero di punti e la risoluzione scelti sono dipendenti dall'accuratezza richiesta per approssimare al meglio la condizione originale. Per scene di vaste dimensioni si richiede, inoltre, una grande quantità di fotogrammi che rende le computazioni complesse, lunghe e spesso ingestibili (se sono ricercate precisioni metriche e colorimetriche accurate). Comunque è possibile ricavare, dall'integrazione dei sistemi, analizzati, un'unica procedura che ottimizzi i vantaggi dell'uno e dell'altro metodo; attuando una combinazione di forme base derivanti da procedimenti image-based o da modellazione in ambiente CAD e di dettagli restituiti con laser scanning, si perviene a più logiche soluzioni.

Nel modello 3d fotorealistico si unificano, dunque, a prescindere dalla tecnica presa in considerazione per realizzarlo, i vantaggi del rilievo e della fotografia: la precisione dell'uno e l'alto impatto visivo dell'altra.

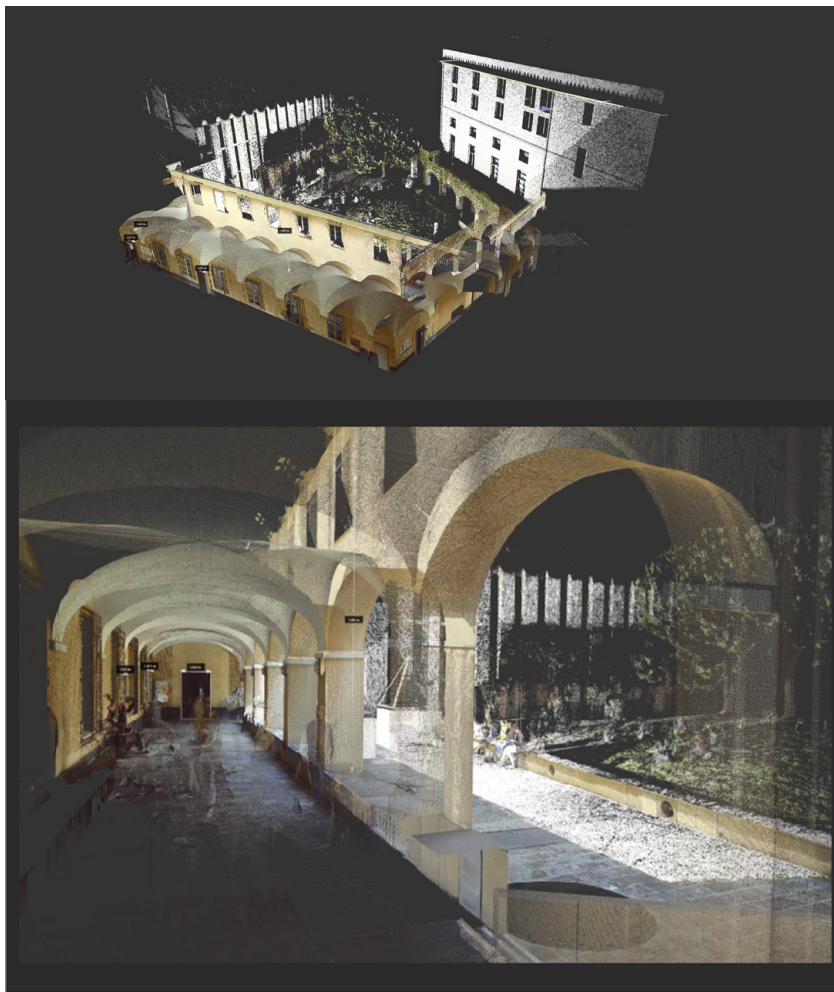


Fig. 26 Restituzione nuvola di punti, software ReCap pro, del dipartimento dAD, nell'ambito del Workshop DRONI E LASER SCANNER IN ARCHITETTURA Esperienza integrata di rilievo dell'architettura: topografia, fotogrammetria e laser scanner- 09 aprile 2019 - Referenti G. Pellegrini, F. Salvetti

3.5 Sperimentazioni e applicazioni

3.5.1 Villa Serra Doria Monticelli in San Pier D'Arena, Genova: ottimizzazione della testurizzazione delle volte affrescate basata sulla modellazione delle immagini²³

Il seguente approfondimento è sorto con l'obiettivo di sperimentare ed adeguare coerentemente applicazioni informatiche in grado di visualizzare immagini tridimensionali e dati informativi relativi ai beni culturali artistici e architettonici, esistenti e non, con l'applicazione diretta al caso studio di Villa Serra Monticelli.

Questo il contesto in cui si inserisce la villa Serra Doria Monticelli a San Pier d'Arena; non una delle ville più importanti, ma documento della tipologia più antica, oggi, inglobata nel tessuto compatto dello sviluppo urbano, quasi irriconoscibile nei caratteri di villa suburbana di grande qualità architettonica.

Di grande rilevanza risultano in particolare tre componenti:

- la tipologia architettonica, con gli elementi distintivi del tipo autoctono di villa, soprattutto la grande loggia che occupa tutto il corpo retrostante;
- la presenza della torretta, anch'essa distintiva di questa tipologia;
- la definizione delle superfici con apparati affrescati, sia negli esterni che soprattutto negli interni, conservati e restaurati dall'attuale proprietà, in particolare nelle volte, che presentano le classiche tematiche mitologiche, in sintonia con quelle genovesi e romane (come la volta della sala affrescata sul tema del mito delle Fatiche di Ercole e del Consesso degli Dei e l'uso diffusissimo dei motivi a grottesche abbinati alle figure. Sulla conformazione volumetrico spaziale dunque e su questi elementi di definizione superficiale degli interni si concentra perciò lo sforzo di arrivare al massimo approfondimento e immediatezza della rappresentazione nel porre all'attenzione e comprensione questo oggetto dello studio.

²³S. Erice, P.Falzone, "Rappresentazioni integrate: analogiche e informatizzate. Il caso della Villa Serra Doria Monticelli a San Pier D'Arena, Genova" In: a cura di 40° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione Congressos della Unione Italiana per il Disegno, p. 537-544, Milano, 2018



Fig.27 Villa Serra Doria Monticelli. Esterno e interno. Le volte affrescate

La ricerca si concentra su come il modello può essere utilizzato, rappresentato e mostrato per evidenziare le sue forme e parti. Il lavoro privilegia lo sviluppo di una corretta visualizzazione delle ricostruzioni 3D del patrimonio architettonico e culturale. L'obiettivo principale della ricerca consiste nell'ottenere un sistema facilmente riproducibile per la rappresentazione del modello, garantendo coerenza scientifica, accuratezza visuale e geometrica e comprensione semantica.

Essendo "lo spazio protagonista dell'architettura", così "la storia dell'architettura è anzitutto e prevalentemente la storia delle concezioni spaziali". Rappresentare l'architettura vuol dire rappresentare lo spazio, e migliore è la tecnica utilizzata migliore sarà la comunicazione e la sua percezione.

Il punto di partenza per la modellazione delle volte è stato un rilievo integrato architettonico dettagliato in formato vettoriale, che consente di modellare velocemente i componenti architettonici, attraverso software di modellazione per superfici che garantirà controllo dimensionale e formale e la conversione immediata dei dati già disponibili.

In questa fase la ricerca si è basata sull'utilizzo, per la restituzione fotogrammetrica di Villa Serra l'uso del software Agisoft.

Agisoft PhotoScan è una soluzione avanzata di modellazione 3D volta a creare contenuti-oggetti 3D di qualità professionale da immagini fisse. Basato sulla più recente tecnologia di ricostruzione multi-view 3D, opera con immagini arbitrarie ed è efficace sia in condizioni controllate e non controllate. Le foto possono essere prelevate da qualsiasi posizione, a condizione che l'oggetto da ricostruire sia visibile su almeno due foto. Sia l'allineamento delle immagini che la ricostruzione del modello 3D sono completamente automatizzati.

In generale l'obiettivo finale di PhotoScan è quello di generare la texture e il modello 3D attraverso l'utilizzo di un'attività fotografica.

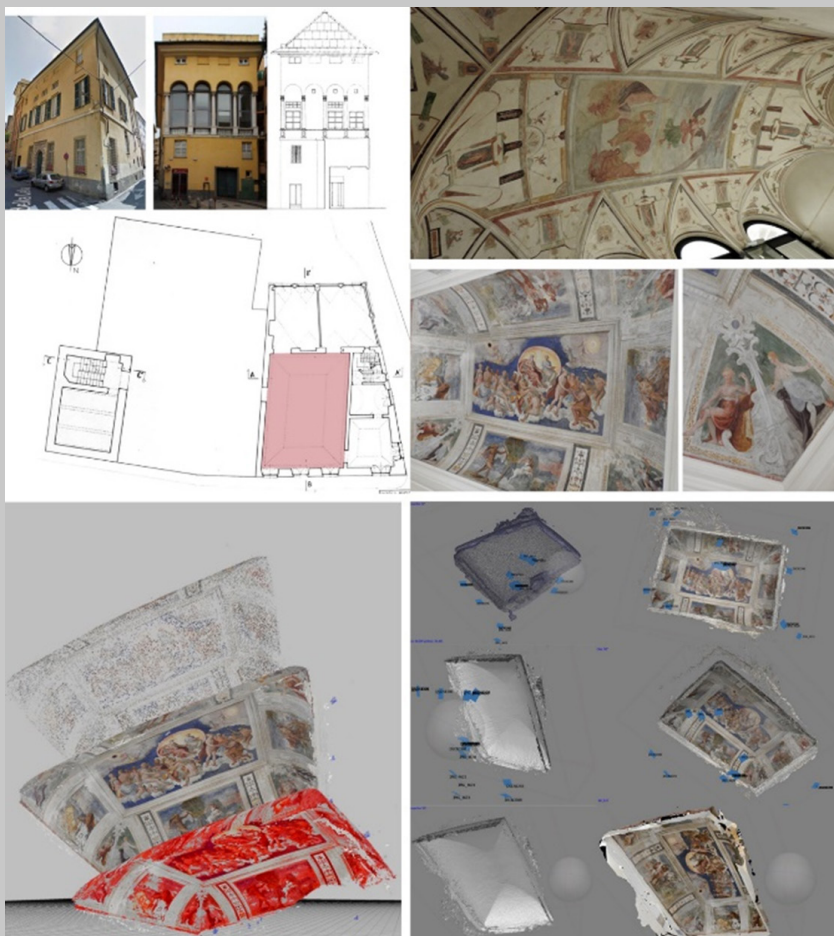
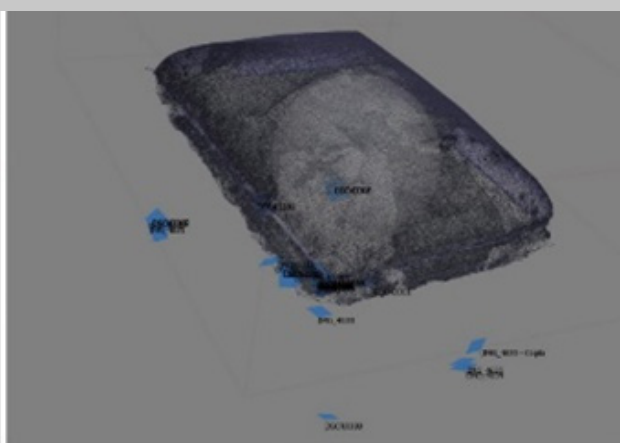


Fig. 28 Villa Serra Doria Monticelli. Restituzione digitale volta sul tema del mito delle Fatiche di Ercole e del Consesso degli Dei.



3.5.2 Un'esperienza di rilievo de Beni Culturali e di rappresentazione inclusiva per l'accessibilità museale.

Nell'ambito della partecipazione alla UID Summer School 2018, l'approfondimento del rilievo del patrimonio culturale ha evidenziato come la rappresentazione digitale per la comunicazione e l'apprendimento della cultura propone di ripensare le strategie comunicative e strumentali per realizzare forme di fruizione alternativa dei luoghi, eseguendo una diretta applicazione in alcune opere presenti all'interno del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia, nello specifico approfondendo mediante la tecnica dello Structure from Motion il Clipeo con rappresentazione di Marte.

PHD SUMMER SCHOOL
AQUILIA-GORIZIA 24-26/09/2018
Unione Italiana per il Disegno

Università degli Studi di Trieste
Dipartimento di Ingegneria e Architettura
Polo Universitario di Gorizia

Obiettivi:
sperimentazione e comunicazione dei beni culturali tramite tecnologie avanzate di rappresentazione nell'ambito della divulgazione scientifica, con particolare attenzione alle tematiche relative all'accessibilità in ambito espositivo.

Oggetto:
Museo Archeologico Nazionale di Aquileia, beni analizzati con strumenti di indagine non invasiva, grazie all'uso di tecnologie avanzate per il rilievo stereometrico, la modellazione 3D e la prototipazione fisica.

Sessioni di lavoro sul campo:
Sistemi di scansione laser, a luce strutturata, di campionamento fotografico, ecc.; con attività di trattamento dati nel Laboratorio CAD del Polo Universitario di Gorizia – con sistemi di modellazione tridimensionale, software di fotomodellazione digitale...

Accessibilità Inclusiva:
fruibilità delle nuove tecnologie di visualizzazione immersiva (Virtual Reality e Augmented Reality) da parte di ipovedenti/non vedenti e/o con ridotta capacità sensoriale.

RILIEVO DEI BENI CULTURALI E RAPPRESENTAZIONE INCLUSIVA PER L'ACCESSIBILITA' MUSEALE

Lunedì 24 settembre 2018
ore 9.00 - 18.30

Museo Archeologico Nazionale di Aquileia, Sala centrale
Via Roma, 1
Aquila

PhD Summer School - UID
Rilievo del Patrimonio culturale e rappresentazione inclusiva

Obiettivo:
sperimentazione e comunicazione dei beni culturali tramite tecnologie avanzate di rappresentazione nell'ambito della divulgazione scientifica, con particolare attenzione alle tematiche relative all'accessibilità in ambito espositivo.

Oggetto:
Museo Archeologico Nazionale di Aquileia, beni analizzati con strumenti di indagine non invasiva, grazie all'uso di tecnologie avanzate per il rilievo stereometrico, la modellazione 3D e la prototipazione fisica.

Sessioni di lavoro sul campo:
Sistemi di scansione laser, a luce strutturata, di campionamento fotografico, ecc.; con attività di trattamento dati nel Laboratorio CAD del Polo Universitario di Gorizia – con sistemi di modellazione tridimensionale, software di fotomodellazione digitale...

Accessibilità Inclusiva:
fruibilità delle nuove tecnologie di visualizzazione immersiva (Virtual Reality e Augmented Reality) da parte di ipovedenti/non vedenti e/o con ridotta capacità sensoriale.

Fig. 30 Obiettivi summer school



Fig. 31 Clipeo con rappresentazione di Marte

L'esperienza condotta ha avuto l'obiettivo di mettere in pratica, attraverso le soluzioni software più accessibili e innovative, una valutazione da un punto di vista metodologico del processo di rilievo, riflettendo sul fatto che il modello attuale di raccolta di informazioni può essere più efficace, più moderno, più dinamico rispetto lo stato dell'arte. Il progetto di fotogrammetria sperimentato, ha avuto una finalità essenzialmente metodologica, che sottolinea le nuove potenzialità di fruizione e di divulgazione dei dati scientificamente raccolti durante la fase di rilievo.

L'esperienza svolta ha avuto l'obiettivo di approfondire e applicare un metodo di analisi per il rilievo di alcune opere presenti nel Museo Archeologico Nazionale, basato sul presupposto che lo stesso si conferma come conoscenza complessa, integrata e stratificata nel tempo.

Metodologia

La fotogrammetria è una tecnica di rilievo che permette di ottenere geometria, informazioni metriche e posizione di oggetti tridimensionali tramite interpolazione e misura di immagini fotografiche tradizionali o digitali. La successione di operazioni fondamentali per giungere al modello digitale del Clipeo con la rappresentazione di Marte, ha interessato l'uso della fotogrammetria del software 3DF ZEPHYR , che permette la relativa ricostruzione tridimensionale e la sua successiva prototipazione.

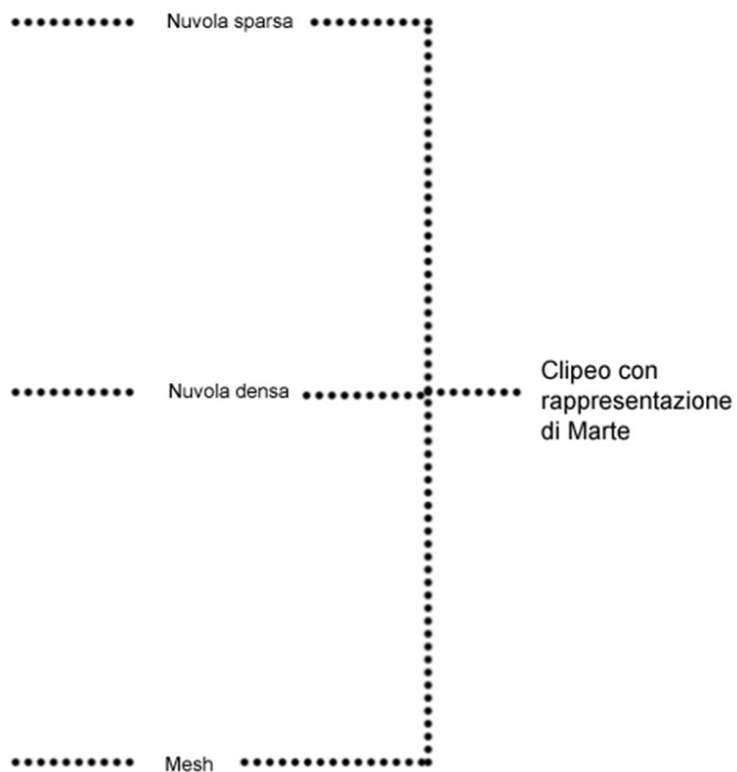
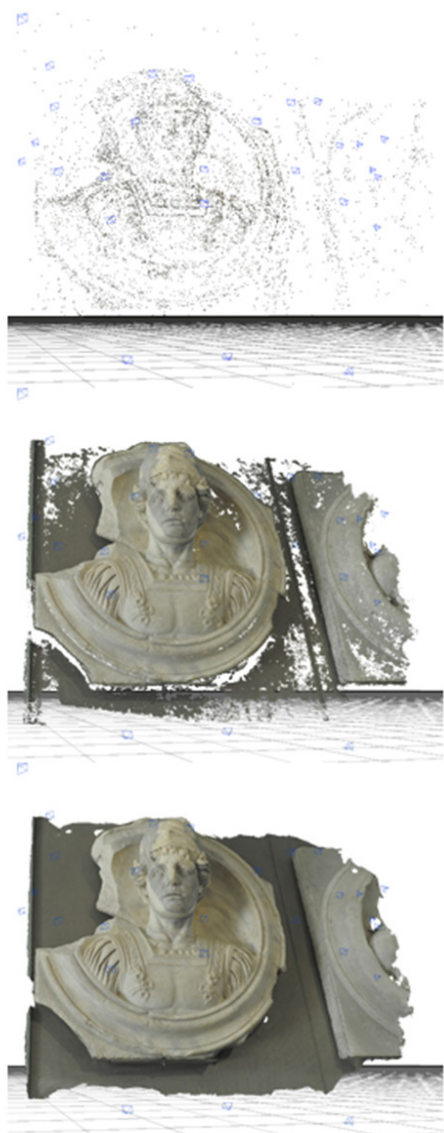


Fig. 32 Pipeline di lavoro per il rilievo fotogrammetrico Structure from Motion

Come delineato i sistemi di structure from motion operano secondo una serie di fasi. Partendo dalle prese fotografiche (30 fotogrammi, eseguiti con Nikon Coolpix P600) si è passato all'individuazione in ogni singola foto, delle features e alla loro memorizzazione all'interno del database 3df zephyr. Questa fase è tra le più importanti nel flusso di lavoro dei sistemi di structure from motion in quanto la corretta individuazione delle features e il loro numero ha influenzato sensibilmente tutte le restanti fasi. Il riconoscimento delle features è avvenuto prendendo in esame un punto dell'immagine e l'area ad esso contigua.

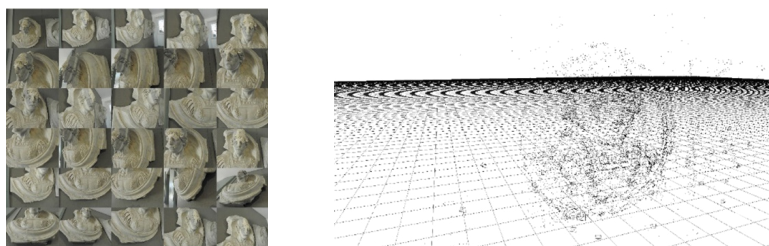


Fig.33 Acquisizione, processing esecuzione della nuvola di punti sparsa

Alla fine di questa fase, oltre ai parametri estrapolati, si è in possesso di un modello numerico discreto costituito da una nuvola di punti spazialmente relazionata alle posizioni e agli orientamenti delle prese fotografiche. Tali punti non sono altro che le features individuate e posizionate rispetto alle prese fotografiche e ad esse sono associate, oltre alle coordinate spaziali, i dati cromatici derivati dalle fotografie utilizzate.

Le informazioni conseguite sono state utilizzate da un algoritmo di dense image matching che, mediante la comparazione approfondita, a coppie o multipla, delle prese fotografiche, estrapola una nuvola di punti più densa di quella ottenuta nella fase dell'orientamento. La nuvola costituita da+ punti a cui sono associati un vettore normale e una terna di valori RGB estratti dalle foto associati ad ogni punto è stata utilizzata per la generazione di un modello poligonale.

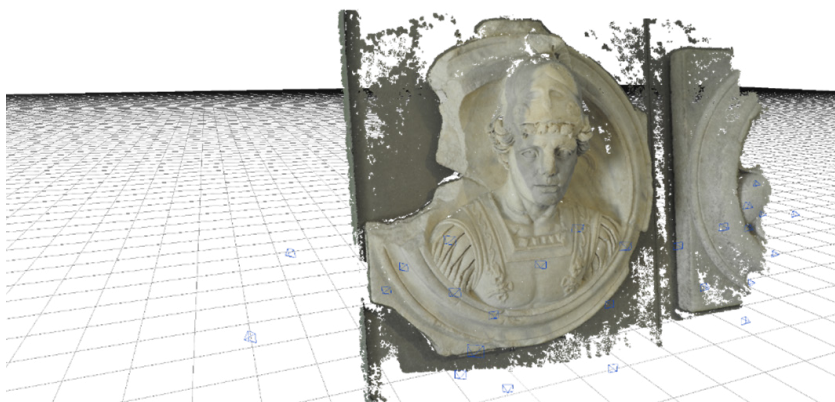


Fig.34 Generazione mesh

Il modello poligonale è stato trattato ulteriormente ed utilizzato sia in sistemi di visualizzazione interattiva, sia per la generazione di viste renderizzate, prospettiche, finalizzate alla documentazione del soggetto rilevato.

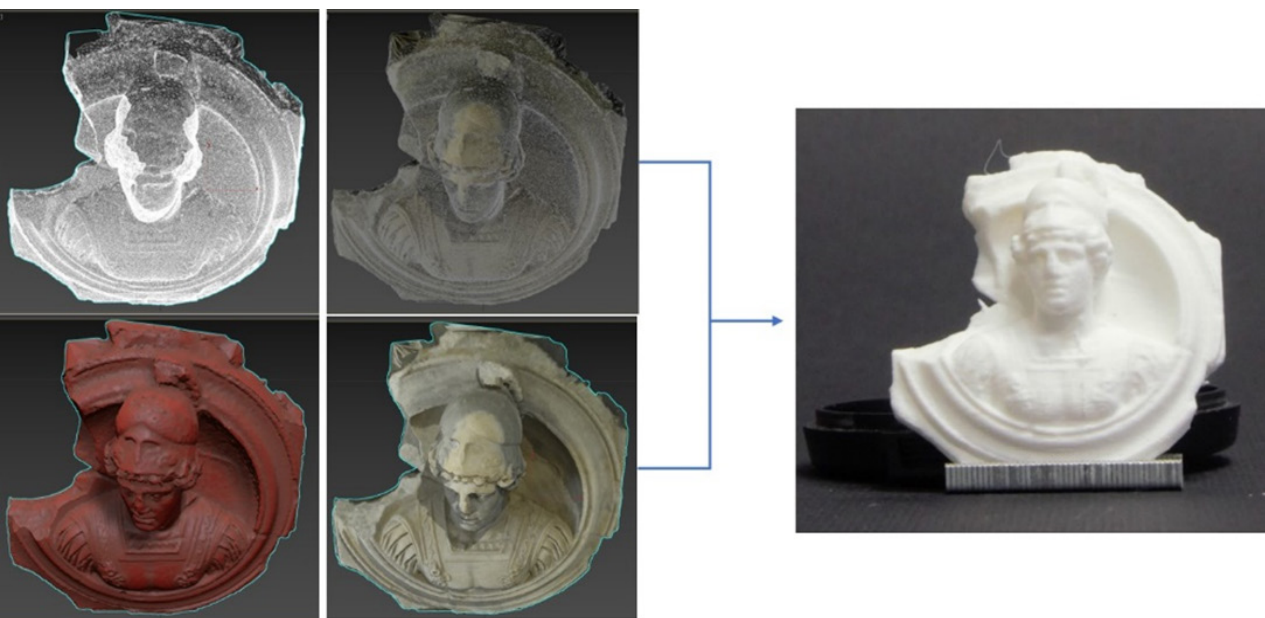
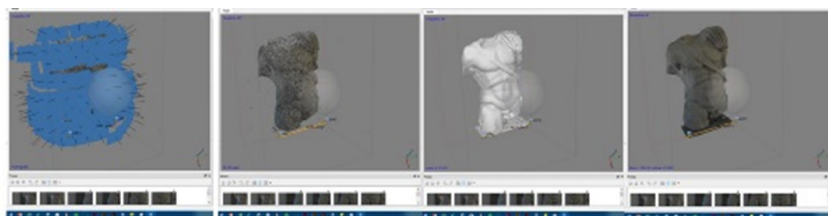


Fig.35 Generazione modello poligonale, esportazione con software 3ds max e prototipazione con stampante 3D.



OPERA

Opera maschile con CINGULUM

PERIODO

Metà del I secolo a.C.

MATERIALE

Calcere

PROVENIENZA

Porto fiuviale

Aquileia

Fig. 36 Scheda tipo di catalogazione digitale del patrimonio presente nel museo di Aquileia

3.5.3 BIGRIN

L'evoluzione economica, sociale e culturale legata alla nautica vede a partire dagli anni 2000 un approfondimento del recupero dell'esistente declinandosi secondo due settori principali: il refitting, che consente una piena libertà di trasformazione dell'imbarcazione in totale sintonia con la volontà dell'utente e il restauro rivolto a imbarcazioni caratterizzate da valori storico-culturali importanti che, nella peculiarità del progetto di restauro, dovrebbero essere conservati e trasmessi ai posteri²⁴.

Per il progetto di recupero dell'esistente, che sia esso refitting o restauro, sono necessarie competenze e strumenti maggiormente rivolti al rilievo²⁵.

L'analisi della storia e delle tipologie costruttive e quindi la conoscenza dei vincoli progettuali che derivano dal valore storico-culturale delle imbarcazioni assumono un ruolo tanto più importante quanto più ci si avvicina all'ambito del restauro e ci si allontana da quello del refitting. In questo contesto il rilievo dell'imbarcazione assume al medesimo tempo il ruolo di strumento di indagine, di progettazione, di conservazione e di valorizzazione.

Oggi gli strumenti più comunemente utilizzati per il rilievo della nautica storica sono quelli tradizionali. Il processo in atto per ottenere disegni bidimensionali e tridimensionali è quindi il seguente: pianificazione del rilievo; produzione di eidotipi; preparazione della barca; misurazioni; riproduzione del disegno; accertamenti e ulteriori rilevazioni; completamento del disegno 2D; riproduzione del modello 3D.

Settori affini quali l'architettura e i beni culturali fanno ormai uso abituale di tecniche di rilievo digitale, tecniche che per quanto approdate da tempo nel settore nautico e della nautica storica, risultano oggi limitate a pochi casi e sono spesso ancor oggi posposte alle tecniche di rilievo diretto.

²⁴ Zignego I, *Yacht refitting. Nuove frontiere del riallestimento nautico*, Aracne, Roma, 2008

²⁵ Per quanto riguarda il settore specifico del restauro nautico, a consolidamento della sua importanza in questo contesto, il rilievo è una fase specifica delle "linee guida per il processo di restauro nautico", uno strumento che accompagna il progettista attraverso tutte le fasi di ricerca, progettazione e restauro di un'imbarcazione S. Eliche, G. Zappia "Digital survey: three-dimensional modeling and representation of a vessel" De-Sign: Environment Landscape City, a cura di G. Pellegri, Genova University Press, 2019.

La definizione reverse engineering²⁶, è quel processo di digitalizzazione che consente di prendere qualsiasi oggetto fisico, definito riferimento, per analizzarlo nel dettaglio e realizzarne un modello digitale che ne consente la ricostruzione computerizzata.

Il caso dell'imbarcazione Bigrin nell'ambito della Convenzione di ricerca stipulata tra il Dipartimento Architettura e Design dell'Università di Genova e YCI²⁷, intende dare avvio ad una serie di sperimentazioni rivolte all'ottimizzazione del rilievo della nautica storica tramite l'utilizzo di tecnologie di rilievo digitale quali il laser scanner e il rilievo fotogrammetrico, in quanto le caratteristiche formali degli scafi rientrano nelle casistiche problematiche, anche riferite ai materiali e alla luminosità, spesso riscontrate durante le fasi di rilievo architettonico.

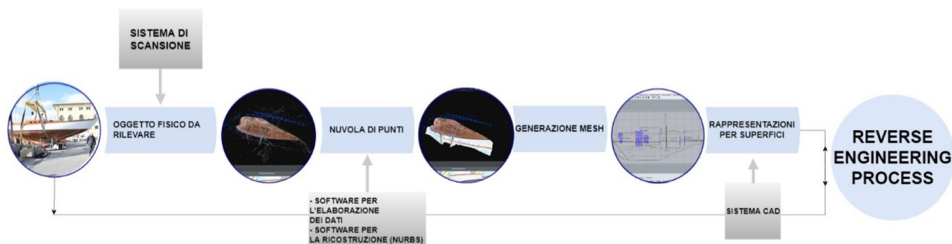


Fig.37 Schema processo reverse engineering

Varata a Genova nel 1960 presso i Cantieri Beltrami di Varazze, Bigrin è uno sloop di circa 17 metri di lunghezza di scafo e quasi 4 di larghezza. Nel 2018 è stata donata dal suo ultimo armatore allo Yacht Club Italiano dove si trova attualmente. Lo stesso anno, in seguito ad una sfortunata uscita in mare c'è stata messa in secca per indagare sull'accaduto e per iniziare la procedura di indagine, progettazione e restauro della stessa. Il progetto di ricerca ha previsto le seguenti attività:

- identificazione degli strumenti ottimali per l'acquisizione delle forme di scafo e di coperta;
- rilievo tridimensionale degli esterni;
- preparazione dei file vettoriali per la deduzione del modello tridimensionale, delle linee d'acqua e delle forme di coperta dell'imbarcazione

²⁶ Tesi di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Aerospaziale, Navale e della Qualità XVIII CICLO RILIEVO DI CARENE NAVALI MEDIANTE TECNICHE DI REVERSE ENGINEERING: LASER SCANNER 3D – FOTOGRAMMETRIA- Dottorando Tutore Coordinatore Dott. Ing. Catello Girace Ch.mo Prof. Claudio Pensa Ch.mo Prof. Antonio Moccia , Napoli, Novembre 2006

²⁷ Responsabili scientifici: Proff. Maria C. Morozzo della Rocca e di Bianzè e Giulia Pellegri. Studio e sperimentazione del rilievo digitale mirato alla risoluzione dei problemi di forma-luce e materiale nella restituzione della nuvola di punti a cura di Sara Eliche.

In questa fase il progetto di ricerca si è posto l'obiettivo di indagare un metodo efficace di rilievo metrico-geometrico e fotogrammetrico al fine della corretta rappresentazione grafica bidimensionale e tridimensionale dell'imbarcazione Bigrin.

Il primo rilievo fotogrammetrico ha consentito di acquisire una buona quantità di dati in un tempo ragionevolmente breve. Per acquisire le immagini necessarie, si è proceduto ad una campagna di rilevamento, utilizzando una macchina fotografica reflex e scattando le foto tenendo il sensore parallelo al fronte da rilevare, sovrapponendo gli scatti di circa un terzo.

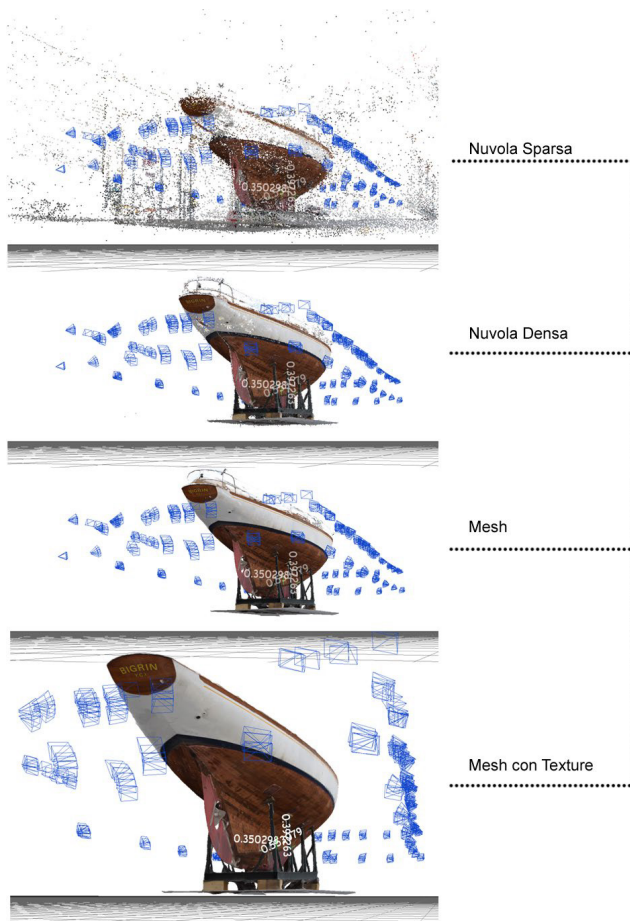


Fig.38 Pipeline di lavoro per il rilievo fotogrammetrico *structure from Motion*



Fig.39 Imbarcazione Bigrin ubicata presso YCI di Genova

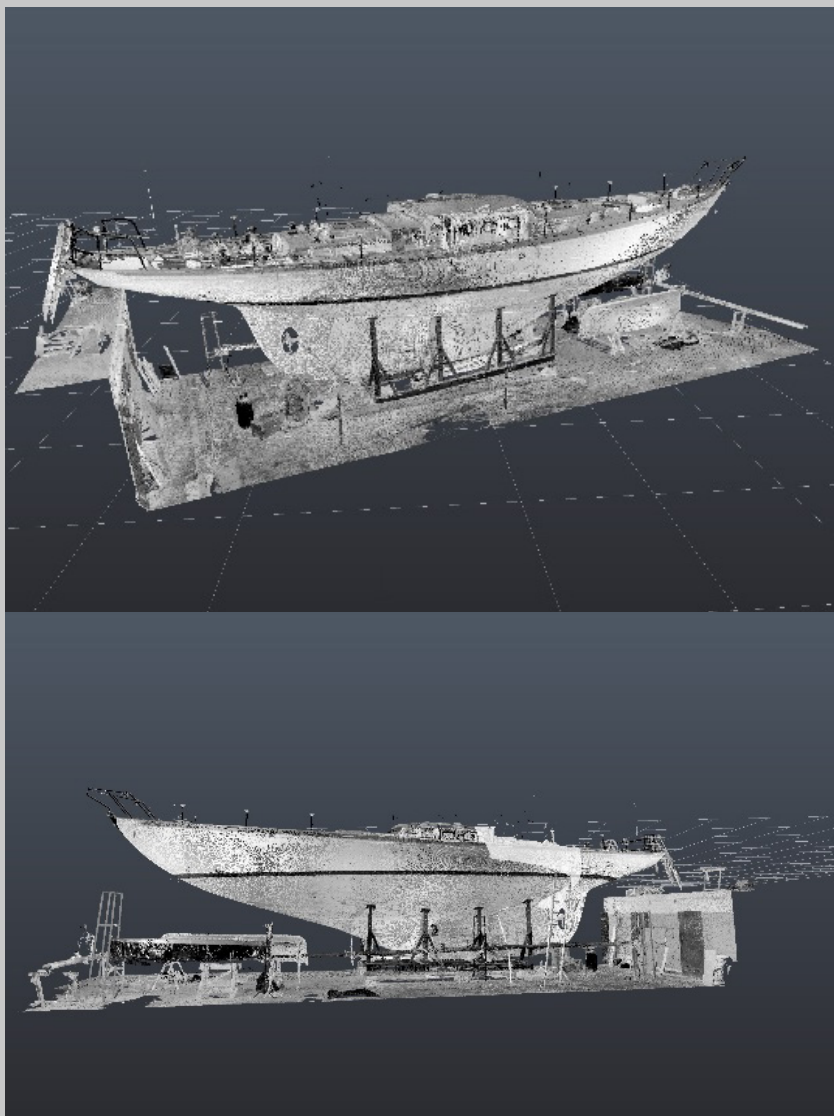


Fig. 40 Restituzione rilievo con laser scanner, ai fini dell'acquisizione ottimale dei dati per la restituzione del piano di coperta.

Capitolo 04|
**Metodologie
integrate di rilievo
e interrogazione
dei modelli 3D
del costruito**

Qualsiasi architettura, sia essa costruita o semplicemente progettata, ideata, non può fare a meno di essere simulata, a posteriori nel caso di architettura esistente, a priori nel caso di architettura di progetto. La sintesi dell'elevatissimo grado di complessità di una realtà osservata, ipotizzata o progettata non può che avvenire attraverso la realizzazione di un modello. L'obiettivo è quello di semplificare il reale, riducendolo agli schemi elementari che lo costituiscono.

L'architettura, al fine di essere realizzata o semplicemente analizzata, necessita che l'idea, l'intuizione, il sistema di relazioni sotteso sia reso comprensibile e leggibile, tanto per l'architetto quanto per il committente. Il modello svolge anche questa funzione di comunicazione formale. Esso costituisce il momento di passaggio fra un'idea, un concetto e la specificazione delle qualità formali, materiali e costruttive dell'opera. In questo senso il modello può ugualmente configurarsi come il momento di transizione dal pensiero reale o dal reale all'immaginario²⁸.

Una prerogativa fondamentale del modello, in particolare in fase di progettazione, è quella di permettere un intervento diretto sul modello stesso, attraverso una serie molto ampia di iniziative: dalle semplici operazioni di misura a quelle più complesse di modifica delle parti, insegnando così a costruire, modificare e controllare le forme.

²⁸ Cfr. Riccardo MIGLIARI, *Geometria dei modelli*, Roma, Edizioni Kappa, 2003, p. 12.

4.1 Il modello

Come illustrato da Riccardo Migliari nella sua pubblicazione *Geometria dei modelli*²⁹, la costruzione di un modello può essere riassunta in un procedimento suddiviso in tre fasi:

1. La sintesi
2. La riduzione
3. La proiezione

La sintesi consiste nella sostituzione dell'oggetto di cui si vuole costruire il modello con una sua copia ideale (il modello geometrico) grande quanto il vero, costituita da forme geometriche elementari in grado di sintetizzare la complessità dell'oggetto reale.

La riduzione consiste in un'ulteriore semplificazione del modello geometrico, il quale viene ridotto al fine di poter essere contenuto all'interno del particolare supporto che lo dovrà accogliere (sia un foglio di carta o il disco rigido di un computer). Si tratta in sostanza di una riduzione in scala del modello geometrico. Naturalmente all'aumentare del fattore di riduzione sarà necessario operare una sintesi dei particolari di dettaglio del modello.

Per finire, durante la fase di proiezione, attraverso una serie di operazioni di carattere puramente geometrico (la proiezione e la sezione), il modello geometrico già ridotto in scala verrà riprodotto sul supporto scelto. Nel caso in cui tale supporto sia costituito dal tradizionale foglio di carta, sarà necessario parlare di modello grafico. Qualora il supporto sia invece rappresentato dalle capacità di memoria di un elaboratore elettronico si parlerà di modello informatico. Se il supporto è costituito dallo spazio, e quindi il modello presenta una reale consistenza fisica, quest'ultimo prenderà il nome di modello plastico. Naturalmente il processo di ricostruzione dell'oggetto reale in un modello geometrico può andare tanto dalla realtà al modello, quanto dal modello stesso alla realtà. Il primo caso evidentemente è quello inerente il Rilievo, il secondo quello inerente la Progettazione.

Chiarito cosa si intende per modello, risulta immediato comprendere come l'utilizzo dei modelli per l'architettura abbia antiche radici. Si può affermare che da sempre qualsiasi progetto sia stato realizzato sulla base di modelli. A partire soprattutto dal Rinascimento gli architetti cominciarono a fare un largo uso di modelli plastici nei materiali più diversi.

²⁹ Ibidem, pp. 14-15

Questi avevano una triplice funzione: innanzi tutto servivano al progettista per simulare l'oggetto del progetto, verificando la composizione plastica dei volumi nonché l'effetto della composizione degli ordini (anche se quasi sempre veniva tralasciata la cura dei dettagli e delle decorazioni); in secondo luogo alcuni grandi artisti, quali Michelangelo e Brunelleschi, utilizzavano i modelli come guida per l'esecuzione di opere in cantiere; per finire erano di fondamentale importanza per la comunicazione del progetto stesso. Non sempre infatti le rappresentazioni su supporto cartaceo, seppure eseguite in prospettiva, permettevano la perfetta comprensione di forma, volumi e spazi alla committenza.

Il modello plastico è oggi uno strumento ancora ampiamente utilizzato soprattutto in ambito progettuale e ancor di più nel settore del progetto per il quale, al contrario, risultano di fondamentale importanza il modello grafico e il modello informatico.

A seconda delle particolari finalità che può avere un singolo rilievo si può presentare la necessità di fare ricorso al solo modello grafico o al solo modello informatico, oppure entrambi. Qualunque sia la scelta, prima di procedere all'esecuzione del modello geometrico, nel caso del rilievo è indispensabile impostare un vero e proprio progetto dei disegni, al fine di evitare l'esecuzione di elaborati superflui o, viceversa, trovare lacune al termine delle operazioni di restituzione grafica.

Anche per la restituzione grafica del modello geometrico, quindi, appare opportuno studiare in anticipo il progetto degli elaborati da realizzare, questa nuova fase progettuale può condurre a modificare quanto previsto durante la preparazione degli eidotipi.

Indipendentemente dal tipo di modello (grafico o informatico) che si vuole eseguire, e in funzione della particolare finalità del rilievo in corso di esecuzione, nella grande maggioranza dei casi il progetto dei disegni deve prevedere necessariamente la realizzazione di una serie di tavole relative a planimetrie, sezioni verticali e prospetti, necessari per una completa rappresentazione del manufatto. Da notare che questi elaborati possono essere generati indifferentemente tanto attraverso la realizzazione di un modello grafico quanto mediante l'ausilio di un modello digitale sezionato secondo i piani desiderati.

A titolo esemplificativo, un rilievo che avesse come unico scopo la semplice documentazione di una determinata architettura storica, potrebbe richiedere solamente una serie di elaborati a scala relativamente ridotta, e di conseguenza la definizione del livello di

dettaglio sarebbe commisurata all'utilizzo di tali scale.

Se poi il fine ultimo del rilievo dovesse essere la comunicazione attraverso la divulgazione web, la scelta dovrebbe ricadere necessariamente sull'utilizzo di un modello digitale, eventualmente visitabile in modo virtuale da qualsiasi utente delle risorse della rete. In tal caso il livello di dettaglio dovrebbe essere legato alle particolari esigenze del soggetto divulgatore. Al contrario, nel caso in cui il fine ultimo del rilievo deve essere quello del restauro o del consolidamento di un monumento architettonico, le scale di rappresentazione da utilizzare dovrebbero essere decisamente maggiori, portando alla necessità di ricorrere alla definizione di un livello di dettaglio in modo molto più approfondito. Questo sia che si affronti la rappresentazione attraverso un modello grafico, sia che lo si faccia attraverso l'utilizzo di un modello digitale.

La fase di progetto dei disegni, anche se forse sarebbe più corretto parlare di elaborati, consente inoltre di stabilire di quale tipo di modello servirsi.

Il modello grafico, come già accennato, è quello che presuppone la trasposizione del modello geometrico su supporto cartaceo³⁰. In questo senso, nonostante si disegni nello spazio, la sensazione effettiva di disegnare su carta è di difficile da eliminare e spesso può trarre in inganno. Fino a quello a quello che è noto come “avvento dell'era informatica” il modello grafico era sostanzialmente rappresentato dal disegno dell'architettura realizzato manualmente su carta. Non sembra questa la sede per analizzare questo particolare tipo di modello grafico, dal momento che su questo argomento esiste già un'ampia trattatistica. Viceversa sembra opportuno fare chiarezza su un possibile equivoco legato al fatto che molti modelli geometrici basati sull'utilizzo di strumentazioni informatiche sono di fatto a tutti gli effetti modelli grafici. I programmi Autodesk di prima generazione, infatti, erano basati sulla trasposizione del processo di rappresentazione tradizionale su supporto informatico. In sostanza ogni modalità operativa seguita in precedenza attraverso l'utilizzo di matita e carta veniva ricalcata in modo assolutamente identico utilizzando gli strumenti messi a disposizione per la rappresentazione informatica (mouse, tastiera, monitor e stampanti).

Ancora oggi, nonostante lo sviluppo dei software di disegno, che sono rapidamente arrivati a programmi di modellazione solida, l'utilizzo della grafica digitale è prevalentemente rivolto alla creazione di modelli

³⁰ R. MIGLIARI, Geometria dei modelli [...], cit., pp. 14-15.

grafici di tipo tradizionale, ossia alla realizzazione degli elaborati canonici rappresentati da piante, prospetti e sezioni costruiti in modo rigorosamente bidimensionale.

I vantaggi forniti dal modello grafico digitale rispetto a quello tradizionale sono facilmente rintracciabili nella rapidità con cui si possono effettuare eventuali modifiche o correzioni nella comodità di archiviazione e nella possibilità di riprodurre in serie a differenti scale qualsiasi disegno. In relazione al fatto di dover rappresentare più volte gli stessi elementi a scale differenti, infatti, l'utilizzo dei programmi Autodesk consente di procedere alla restituzione delle misure rilevate appoggiandosi ad un foglio di disegno virtuale di dimensioni illimitate.

In questo modo è possibile eliminare qualsiasi limitazione inerente alla scelta del livello di dettaglio che è necessario tenere in fase di restituzione. L'architettura infatti viene rappresentata nelle sue dimensioni reali, senza che venga decisa a priori una scelta di riduzione. Solo successivamente, all'atto dell'eventuale stampa, si procederà alla definizione della scala di rappresentazione desiderata.

Ma soprattutto nel caso del modello grafico di supporto al rilievo, una delle caratteristiche più significative del modello geometrico realizzato tramite elaboratore elettronico è quella di eliminare completamente l'errore del graficismo intrinseco nella rappresentazione tradizionale eseguita a mano.

Non bisogna però pensare che la realizzazione di modelli grafici di supporto informatico sia immediata e non comporti alcune difficoltà operative. Al di là delle essenziali problematiche legate alla scala di rappresentazione cui si è più volte accennato, è infatti possibile fare alcune considerazioni di carattere generale volte ad evidenziare le difficoltà organizzative che è possibile incontrare in fase di realizzazione del modello geometrico.

Senza addentrarsi nello specifico della valutazione delle differenze e delle potenzialità dei diversi software oggi disponibili, è possibile richiamare l'attenzione su alcuni dei principi di base su cui si fondano quasi tutti i programmi CAD.

Relativamente alla necessità di distinguere fra di loro i diversi elementi disegnati, è ovvio che le linee tracciate per mezzo dello strumento informatico e quindi stampate non fanno altro che materializzare nozioni la cui ambiguità deve essere necessariamente eliminata attraverso le possibilità grafiche che vengono offerte dalle diverse tipologie di tratti

e dai differenti spessori delle linee stesse. Il disegno di Rilievo infatti (indipendentemente dal particolare strumento di restituzione utilizzato), non è altro che la rappresentazione del modello geometrico di un elemento reale, ossia dell'insieme delle caratteristiche che intuitivamente o deliberatamente vengono selezionate e destinate a diventare segno³¹. È evidente che questi segni destinati alla rappresentazione della realtà debbano essere in qualche modo codificati. In questo senso, accanto a quello che viene definito da Roberto De Rubertis codice iconico³², costituito dalle somiglianze che si stabiliscono immediatamente tra la realtà e la sua rappresentazione (che, come tale, non hanno bisogno di accordi per una sua comprensione), si colloca il codice simbolico. Quest'ultimo comporta necessariamente che vengano fissate precise regole in merito al significato che ciascun segno deve assumere: regole che, nell'ambito della rappresentazione dell'architettura, con il tempo hanno assunto carattere normativo.

In relazione a queste considerazioni, uno dei concetti fondamentali su cui si basa la maggior parte dei programmi di disegno assistito è quello del lavoro su livelli (layers). In questo senso i diversi software permettono di suddividere ogni elaborato grafico informatizzato su un numero quasi illimitato di layers, a ciascuno dei quali appartengono determinati elementi a scelta dell'operatore. Ogni disegno viene a configurarsi come la somma di tutti i layers. Attraverso l'utilizzo di un programma CAD è possibile attribuire a ciascuno dei livelli sopra menzionati una delle caratteristiche di ognuna delle tipologie di linee necessarie alla definizione di un'entità architettonica. Risulta quindi di fondamentale importanza, in fase di organizzazione, determinare la struttura di base di ogni file del disegno, impostando a priori tutti i diversi layers che saranno necessari alla restituzione del rilievo.

Il procedimento può essere reso più complesso dalla volontà o necessità di riprodurre lo stesso disegno a scale differenti. Questo fatto comporta che determinate informazioni debbano essere evidenziate in disegni a scala maggiore ed eliminate in altri stampati ad una scala più ridotta, al fine di evitare l'eccessiva sovrapposizione dei dati, che può causare difficoltà di lettura. Nel caso di elaborazione grafica tradizionale il problema viene superato attraverso la sintetizzazione degli elementi del disegno, ma nel caso del disegno assistito dal calcolatore la soluzione deve essere necessariamente di altro tipo.

³¹ Roberto DE RUBERTIS, Il disegno dell'architettura, La Nuova Italia scientifica, Roma 1994, p. 23

³² Ibidem, p. 24

In questo caso, infatti, è necessario sveglie il lavoro di sintesi agendo preliminarmente su layers differenziando, oltre a quanto detto precedentemente, anche le linee che ad una determinata scala verranno stampate e ad un'altra invece no.

E' ovvio che le difficoltà legate all'utilizzo delle apparecchiature informatiche nel disegno non si esauriscono con queste brevi considerazioni; basti pensare ai problemi legati alla rappresentazione dei testi a scale diverse, che comporta la necessità di predisporre scritte di dimensioni differenti a seconda della scala di riduzione, oppure i problemi legati alle squadrature dei diversi fogli e via dicendo. Anche tutti questi dati devono essere attentamente progettati prima dell'esecuzione dei disegni, dal momento che possono sempre rendersi necessarie variazioni nella scala di restituzione. Sembra comunque che anche in questo senso i software di disegno stiano rapidamente evolvendosi nella direzione desiderata.

Con il termine modello informatico si intende indicare quasiasi modello geometrico realizzato attraverso l'ausilio di strumentazioni elettroniche e riprodotto su un supporto rappresentato essenzialmente dalla capacità di memoria dell'elaboratore stesso.

In realtà alcuni modelli geometrici realizzati su supporto informatico devono essere fatti rientrare nell'ambito dei modelli grafici. Si tratta di tutti quei modelli in cui non viene approfondito l'aspetto tridimensionale dell'oggetto progettato o rilevato. Di conseguenza il campo di indagine sul modello digitale viene ridotto all'analisi di tutti quei modelli geometrici realizzati attraverso software comunemente definiti di modellazione solida.

La differenza fondamentale che distingue i più diffusi programmi di grafica bidimensionale da quelli di modellazione solida è rappresentata dal fatto che in questi ultimi è possibile trattare, oltre che altezza e larghezza di un oggetto, anche la profondità. Il termine grafica tridimensionale quindi, sta ad indicare che si ha a che fare con geometrie dotate appunto di tre dimensioni.

Nel mondo reale, in effetti, qualunque cosa può essere considerata tridimensionale. Nella grafica tridimensionale, invece, nonostante sia semplice rendersi conto della natura "solida" degli oggetti modellati e delle operazioni che è possibile eseguire per modificarli, definire tridimensionalmente i modelli è un inganno³³. In verità si tratta sempre di una rappresentazione bidimensionale di un mondo tridimensionale

³³R. MIGLIARI, Geometria dei modelli [...], cit., p. 16

esistente solo virtualmente, esattamente come quando la realtà viene riprodotta attraverso una fotografia o un modello grafico. Semplicemente il piano su cui viene proiettato il modello ridotto in scala è rappresentato dallo schermo del computer anziché dal foglio da disegno o dalla pellicola fotografica.

Il modello informatico di fatto propone in modo “semiautomatico” una serie più o meno illimitata di viste del modello, atte a descriverlo completamente; ma queste sono comunque generate ponendo fra il modello stesso e l’operatore un piano di proiezione, rappresentato dallo schermo del computer, comunque posto rispetto alla terna di assi cartesiani di riferimento. Come nella realizzazione del modello grafico, a seconda del particolare posizionamento di tale piano sarà possibile ottenere viste ortogonali (quali piante e prospetti), assonometriche o prospettiche. Soprattutto nel caso di viste prospettiche soltanto l’esperienza del singolo operatore potrà suggerire, a seconda dei casi, quale sia la migliore procedura da seguire.

Se quindi nel modello grafico il punto di vista viene deciso a priori, diverso è il discorso inerente il modello digitale, dove la posizione del punto di vista stesso è infinitamente variabile nel tempo e nello spazio. Il vantaggio fornito da un approccio al modello di questo tipo è immediatamente evidente. Le metodologie di rappresentazione classiche, infatti, essendo basate sulla geometria proiettiva, a volte non risultano adatte a comprendere e restituire la natura geometrica estremamente complessa di alcune architetture. Eventuali dettagli o particolari molto articolati, per poter essere analizzati in modo completo ed esaustivo in termini di tempo ragionevoli, devono essere necessariamente riprodotti e studiati attraverso una completa visione spaziale di insieme che può essere restituita solamente attraverso un modello digitale.

Il modello grafico e quello plastico si configurano altresì come modelli non modificabili, o forse sarebbe meglio dire che sono modificabili solamente attraverso la realizzazione di un nuovo modello. Nel modello digitale tale impasse viene completamente scavalcata. Questo infatti può essere interrogato, analizzato, verificato e infine modificato in qualsiasi momento dell’iter di elaborazione del modello stesso.

Nel caso del Rilievo, in ogni istante è possibile verificare la effettiva rispondenza tra quanto descritto e la realtà nella sua complessità, eventualmente correggendo in tempo reale errori o avvenute

trasformazioni. Il modello informatico, realizzato attraverso l'ausilio di un elaboratore elettronico, visualizzabile (e quindi stampabile) da qualsiasi punto di vista, indagabile fino ai minimi dettagli, verificabile nel contesto in cui è inserito, modificabile attraverso una serie più o meno complesse di comandi, viene comunemente definito modello virtuale³⁴. Questo termine sta ad indicare, nella sua accezione più ampia, una serie di tecniche di simulazione volte a rendere esperibili spazi e oggetti tridimensionali incorporati, astratti, virtuali appunto, e permettere, tramite adeguate interfacce, di interagire con essi.

Le tecnologie legate alla realtà virtuale (che affonda le sue radici nella ricerca bellica per la simulazione di volo della seconda guerra mondiale e nella ricerca scientifica degli anni Sessanta del Novecento³⁵) si configurano oggi dispositivi funzionanti e sufficientemente affidabili, anche se in continuo sviluppo.

Dal momento che i sistemi di realtà virtuale si basano sulla capacità del singolo individuo di creare in un mondo del tutto artificiale immagini capaci di suggerire una percezione illusoria di un modello virtuale, non è corretto ricondurre la realtà virtuale stessa solamente a fenomeni di tipo completamente immersivo, ossia a esperienze in cui sia possibile astrarsi totalmente dal mondo reale sostituendolo con un mondo immaginario³⁶. In questo senso, come afferma Marco Gaiani esiste anche una cosiddetta "realtà virtuale da scrivania", basata semplicemente sull'utilizzo delle tecnologie legate ad un computer dotato di un software per la consultazione di applicazioni interattive e multimediali, che utilizzi modelli del tipo VRML³⁷ (Virtual Reality Modeling Language), ossia

³⁴R. MIGLIARI, *Geometria dei modelli* [...], cit., p. 23.

³⁵Per un primo approccio al tema cfr. Livio SACCHI, Maurizio UNALI, (a cura di), *Architettura e cultura digitale*, Edizioni Skira, Milano 2003. Maurizio UNALI, (a cura di), *Lo spazio digitale dell'architettura italiana*, Edizioni Kappa, Roma 2006. Carlo MEZZETTI (a cura di), *"La città utopica"*, Edizioni Kappa, Roma 2006.

³⁶Livio SACCHI, Maurizio UNALI, (a cura di), *Architettura e cultura digitale*, Edizioni Skira, Milano 2003, p. 9.

³⁷VRML (Virtual Reality Modeling Language, a volte letto come vormal) è un formato di file progettato per un impiego sul World Wide Web per rappresentare grafica vettoriale 3D interattiva. L'estensione relativa a tale formato è .wrl. Tale formato di file sfrutta un semplice file testuale per specificare le caratteristiche del poligono desiderato; è infatti possibile definire vertici, spigoli, colore della superficie, texture, brillantezza, trasparenza ecc... Agli elementi grafici è anche possibile associare URL in modo da permettere l'apertura di una pagina web o un nuovo file VRML da Internet attraverso un web browser. Animazioni, suoni, illuminazione ed altri aspetti del mondo virtuale possono interagire con l'utente o possono essere attivati da eventi esterni come i timer. Uno speciale elemento, detto Script Node, permette l'aggiunta di procedure (ad es., scritte in Java o JavaScript). Ad oggi, però, i browser non supportano VRML e per fruirne è necessario fare ricorso a particolari plug-in. I file VRML sono comunemente chiamati worlds (mondi) e spesso, al fine di migliorarne le performance di trasmissione, vengono compressi utilizzando gzip. La prima versione di VRML è stata specificata

una piattaforma per la descrizione e la condivisione in rete di ambienti virtuali³⁸.

Ogni modello digitale viene organizzato come la composizione di oggetti complessi a partire da componenti più semplici, generalmente costituiti da primitive grafiche assemblate per creare l'oggetto finale. Non sembra questa la sede più opportuna per procedere all'analisi di metodi più idonei alla creazione di un modello digitale da un punto di vista prettamente tecnico. Può invece essere di un certo interesse svolgere alcune considerazioni in merito alle entità geometriche che costituiscono l'ossatura della modellazione digitale tridimensionale e che la differenziano dai programmi CAD destinati al disegno esclusivamente bidimensionale.

Come per la realizzazione di un modello grafico, anche per quello informatico gli enti geometrici fondamentali sono rappresentati da punti, rette e piani. Qualsiasi altro ente geometrico è generato a partire da questi tre semplici elementi. Le linee, dal punto di vista del disegno informatico sono rappresentate da spline³⁹. Esse sono caratterizzate da un algoritmo che permette di descrivere in modo matematico una curva qualsiasi. Con una piccola forzatura è possibile considerare la spline come una curva in grado di simulare l'andamento di una linea grafica, cioè quella linea che nel disegno tradizionale viene derivata dal gesto libero della mano sul foglio da disegno e che conseguentemente non può essere considerata come luogo geometrico. Attraverso le spline è possibile descrivere, oltre alle superfici che possono generare, qualsiasi tipo di curva in modo estremamente accurato (ad esempio le curve di Bézier⁴⁰ o le B-spline), comprese quindi quelle che luogo geometrico nel Novembre 1994 ed era largamente basata su un precedente sviluppo di SGI. La specifica attuale, uno standard ISO, è divisa in due parti: ISO/IEC 14772-1 che definisce le funzionalità base e la codifica testuale ISO/IEC 14772-2 che definisce le interfacce verso l'esterno. La versione attuale del linguaggio è VRML97. La prossima versione, in fase di definizione, sarà chiamata X3D. Il Web3D Consortium è il consorzio incaricato di coordinare gli sviluppi del linguaggio.

³⁸ Cfr. Marco GAIANI (a cura di), Metodi di prototipazione digitale e visualizzazione per il disegno industriale, l'architettura degli interni e i beni culturali, Polidesign, Milano 2003. Marco GAIANI, Metodi per l'utilizzo di mondi virtuali per il supporto su Web al restauro architettonico e archeologico, in Maurizio ROSSI, Paolo SALONIA, La comunicazione multimediale per i Beni Culturali, Addison & Wesley, Milano, 2003, pp. 283-324.

³⁹ In analisi matematica, una spline è una funzione, costituita da un insieme di polinomi raccordati tra loro, il cui scopo è interpolare in un intervallo un insieme di punti (detti nodi della spline), in modo da essere continua (almeno fino ad un dato ordine di derivate) in ogni punto dell'intervallo

⁴⁰ Nel campo matematico della analisi numerica una curva di Bézier è un'importante curva parametrica usata nella computer grafica. Un metodo numericamente stabile per calcolare le curve di Bézier è l'algoritmo di de Casteljau. Una generalizzazione delle curve di Bézier in tre dimensioni è chiamata superficie di Bézier di cui il triangolo di Bézier è uno specifico caso. Le curve di Bézier furono largamente pubblicizzate nel 1962

sono, interpretate però come caso particolare delle stesse spline.

Nel caso però delle coniche, la descrizione che ne viene fatta attraverso le spline è di tipo approssimativo. In tempi recenti, quindi, un'ulteriore evoluzione dei programmi di modellazione ha introdotto una nuova serie di curve, denominate NURBS⁴¹(Non Uniform Rational B-Splines), in grado di descrivere le coniche in modo esatto e non per approssimazione.

Di fatto modellatori si servono prevalentemente degli algoritmi NURBS, attraverso i quali è possibile modellare qualsiasi tipo di linea e superficie curva. La matematica delle NURBS presenta una duplice serie di vantaggi: da una parte infatti consente di descrivere in modo omogeneo tanto le classiche forme di derivazione analitica e proiettiva (quali le coniche e le quadratiche) quanto quelle libere, dall'altro permette la descrizione, come caso particolare, di altre funzioni matematiche quali le B-spline. Di fatto le superfici NURBS, attraverso un'ampia serie di algoritmi, raccolgono qualsiasi tipo di superficie, comprese quelle

dall'ingegnere francese Pierre Bézier che le usò per disegnare le carrozzerie delle automobili. Le curve furono realizzate nel 1959 da Paul de Casteljaou usando l'algoritmo di de Casteljaou. Bézier stabilì un modo di realizzare le curve che partiva da due punti e una linea vettoriale appunto, un sistema innovativo che permette ancora oggi agli operatori grafici di realizzare disegni curvilinei bellissimi e precisi. Le curve di Bézier possono essere realizzate da molti programmi di grafica vettoriale come Inkscape, Gimp, Corel Draw, Illustrator o FreeHand. Le curve di Bézier sono largamente usate nella computer grafica per modellare curve smussate. Dato che la curva è contenuta completamente nell'insieme convesso dei suoi punti di controllo, i punti possono essere visualizzati graficamente ed usati per manipolare la curva intuitivamente. Trasformazioni geometriche come traslazione, omotetia e rotazione possono essere applicate alla curva applicando le rispettive trasformazioni sui punti di controllo della curva. Le più importanti curve di Bézier sono le quadratiche e cubiche. Curve di grado più alto sono molto più costose da valutare. Quando sia necessario realizzare forme più complesse, più curve di secondo o terzo ordine sono "incollate" insieme (obbedendo a certe condizioni di smooth) in forma di spline di Bézier. Cfr. Paul BOURKE, Bézier curves, 1986.

⁴¹NURBS è un acronimo che sta per Non Uniform Rational B-Splines, traducibile in "B-Splines razionali non uniformi", una classe di curve geometriche utilizzate in computer grafica per rappresentare curve e superfici. Una NURBS è quindi la rappresentazione matematica che un programma software, ad esempio un sistema CAD 3D, crea di un oggetto, per definirne accuratamente la forma. Le curve NURBS sono una generalizzazione delle curve B-Spline e delle curve di Bézier. La paternità delle NURBS è dibattuta. Vi sono almeno due candidati che competono per questo titolo. Ken Versprille si autopromuove come inventore asserendo di aver ideato le NURBS quando anni fa lavorava per ComputerVison, al tempo una delle maggiori aziende CAD del mondo. Il 5 aprile 2005 Ken ha ricevuto dalla CAD Society il CAD Society Lifetime Award per questa suo contributo alla comunità CAD. La comunità scientifica riconosce unanimemente in Les A. Piegl e Wayne Tiller i padri delle NURBS. A testimonianza del loro contributo fondamentale a questa tecnologia, vi è il poderoso volume The NURBS Book di ben 645 pagine, che costituisce l'indisputato testo di riferimento per chiunque si occupi di NURBS. Les A. Piegl è professore di computer science e ingegneria presso l'University of South Florida mentre Wayne Tiller è attualmente occupato in Geomware, un'azienda creata per sviluppare e commercializzare la libreria NURBS chiamata Nlib, descritta nel volume. Cfr. Les A. PIEGL e Wayne TILLER, The NURBS book, Springer-Verlag, New York 1986.

che sarebbe troppo complesso rappresentare o modificare attraverso l'utilizzo di modelli grafici.

Le NURBS rappresentano di fatto le superfici più complesse che è possibile costruire attraverso l'utilizzo di un modellatore informatico. Di fatto queste hanno larghissimo impiego nel campo della progettazione, e in particolare quella legata al design industriale. Ma la modellazione solida permette di realizzare una vasta gamma di superfici forse più semplici ma altrettanto importanti: dalle superfici di rivoluzione a quelle di traslazione (modanature), dalle superfici rigate a quelle di rototraslazione. Oltre a queste, quelle che rivestono particolare importanza nell'ambito della creazione di un modello informatico per il Rilievo sono rappresentate dalle superfici mesh⁴².

Il caso più semplice di mesh è rappresentato da un elemento di superficie lineare costituito da un insieme di vertici che, uniti tra loro tramite spigoli, determinano una serie di facce. Ciascun vertice individua un punto nello spazio contraddistinto da tre coordinate, mentre ogni spigolo definisce un poligono collegando un sottoinsieme ordinato in vertici. Vertici, spigoli e poligoni sono quindi gli elementi geometrici che definiscono le mesh. E' immediato constatare come questa tipologia di superficie sia di fondamentale importanza nell'ambito del Rilievo architettonico, soprattutto qualora si faccia ricorso, fra i metodi di rilievo, all'utilizzo del laser scanner, che fornisce come primo esito della scansione una nuvola di punti.

A questo proposito appositi algoritmi provvedono in modo automatico a trasformare queste nuvole di punti in mesh, unendo i punti più prossimi attraverso segmenti e ricavando quelli mancanti per minimizzare le dimensioni dei poligoni, mantenendo così la continuità della superficie. Resta evidente che la geometria di una superficie così ottenuta risulta un processo di approssimazione, tanto più preciso quanto più piccola è la dimensione delle facce costituenti la maglia poligonale.

Di fatto è possibile restringere il dominio delle mesh alle sole maglie costituite da facce triangolari. I triangoli sono infatti le primitive più

⁴² Struttura geometrica superficiale di un modello 3D, costituita da una serie di elementi geometrici collegati come poligoni, patch o superfici NURBS. Geometricamente sono composte da un insieme di vertici uniti tra loro da tante piccole superfici piane, solitamente di forma triangolare, una adiacente all'altra. La descrizione di una superficie servendosi di una maglia poligonale è solitamente un processo d'approssimazione. Il grado di approssimazione della forma può essere gestito tramite il numero dei singoli sottoelementi mesh. Più è alto il numero dei sottoelementi più la superficie sarà dettagliata.

semplici da utilizzare dal momento che i vertici da cui sono composti descrivono sempre un singolo piano, mentre i poligoni con quattro o più vertici possono anche non risiedere su un unico piano.

Le mesh permettono, in fase di modellazione, di rappresentare qualsiasi tipo di oggetto, dal solido delimitato da superfici piane fino alle più complesse geometrie a forma libera. Tutte le entità generate attraverso la modellazione solida, inoltre, possono essere fatte interagire fra di loro attraverso una serie piuttosto semplice di comandi: dall'intersezione alla sottrazione, all'unione. In questo modo è possibile dare forma ad oggetti estremamente complessi che possono essere riprodotti graficamente in fase di stampa del modello senza tutte le difficoltà operative legate alla realizzazione di un modello grafico.

Per finire questa sintetica analisi dei modelli digitali, un breve discorso merita il rendering⁴³. Con questo termine si indicano in generale i risultati finali di tecniche diverse volte a ottenere immagini di sintesi al computer. Consiste nella resa visiva di un modello geometrico digitale attraverso la realizzazione di una serie più o meno ampia di bitmap⁴⁴.

L'operazione equivale in sostanza alla proiezione di una determinata scena su un piano di un quadro. Nonostante il processo di rendering possa portare alla realizzazione di una gamma estremamente varia e diversificata di rappresentazioni del modello digitale di un'architettura, la direzione verso cui sembra si stia spingendo la ricerca applicata al Rilievo, sembra essere costituita dal render cosiddetto "fotorealistico". Con questo termine si indicano generalmente immagini che siano indistinguibili dalla fotografia di una determinata scena. La finalità è quindi quella di realizzare una raffigurazione di un modello tridimensionale in modo tale che questo sia molto vicino ad una realtà generalmente di carattere fotografico.

Evidentemente per la realizzazione di immagini fisicamente realistiche è necessario implementare il modello geometrico digitale attraverso l'inserimento di un'ampia serie di dati che comunque non modificano

⁴³Il Rendering è un termine dell'ambito della computer grafica; identifica il processo di "resa" ovvero di generazione di un'immagine a partire da una descrizione matematica di una scena tridimensionale interpretata da algoritmi che definiscono il colore di ogni punto dell'immagine. La descrizione è data in un linguaggio o in una struttura dati e deve contenere la geometria, il punto di vista, le informazioni sulle caratteristiche ottiche delle superfici visibili e sull'illuminazione. Quando l'elaborazione preliminare della scena (una rappresentazione wireframe solitamente) è completa, inizia la fase di rendering che aggiunge texture bitmap o texture procedurali, luci, bump mapping, e posizioni relative agli altri oggetti. Il risultato è un'immagine completa che è possibile vedere.

⁴⁴Le bitmap è un formato dati utilizzato per la rappresentazione di immagini raster sui sistemi operativi Microsoft Windows e OS/2. Noto soprattutto come formato di file, fu introdotto con Windows 3.0 nel 1990.

in alcun modo la geometria degli elementi che lo compongono. Senza addentrarsi troppo in un argomento che richiederebbe da solo una ricerca a parte, basti in questa sede citare l'importanza che assumono le operazioni di texturing⁴⁵ e picture mapping⁴⁶ e, soprattutto lo studio della simulazione delle fonti luminose, siano esse naturali o artificiali. Nell'ambito del modello digitale applicato al Rilievo, ferma restando la priorità della realizzazione di un modello geometrico il più possibile aderente al vero, assumono quindi sempre maggiore rilevanza anche le operazioni di rendering, attraverso le quali è possibile realizzare rappresentazioni di tipo indagativo aventi il fine di evidenziare elementi fondamentali per l'analisi di un'architettura, quali l'apparenza visiva delle superfici che lo compongono, la tessitura, gli aspetti proporzionali dell'insieme e delle sue parti e via dicendo. I risultati di questo tipo di rappresentazione diventano prioritari oltre che per la documentazione e comprensione del Rilievo, anche per la sua comunicazione, presentazione e divulgazione.

Nell'ambito della tesi "La modellazione informatizzata. Dimensioni, rappresentazione, finalità. Caso studio: la Cattedrale di Acqui Terme" di Sara Domenichelli⁴⁷ hanno risposto a varie problematiche nella modellazione informatica con proposte integrate attraverso un percorso che va dal rilevamento, alla modellazione alla rappresentazione grafica e virtuale, della Cattedrale di Acqui Terme.

Nel rilievo definito integrato si mescolano i due elementi principali della misurazione, quello analogico e quello digitale, che seguono due principi diversi di elaborazione e di restituzione e che stanno ormai diventando compatibili attraverso nuove tecnologie di rappresentazione digitale.

⁴⁵Da texture (termine inglese talvolta italianizzato in testura o tessitura). Il texture mapping in computer grafica è un metodo per aggiungere dettaglio, una immagine di superficie o un colore ad immagini generate al computer o ad un modello 3D. La texture, se applicata ad un modello poligonale creato con un programma di grafica 3D rende il modello più realistico, inoltre la sovrapposizione di più texture, è utilizzata ad esempio per dare degli effetti speciali ai modelli tridimensionali come luce e nebbia. I pixel da visualizzare sullo schermo calcolati a partire dai texel (i pixel della texture), vengono governati dal filtro della texture. Il metodo più veloce è quello del usare l'interpolazione lineare, ma l'interpolazione bilineare o l'interpolazione trilineare tra MIP map sono quelle più comunemente utilizzate per ridurre l'aliasing, e quindi per aumentare la qualità complessiva dell'immagine. L'applicazione della texture sul modello tridimensionale è compito della scheda video.

⁴⁶Il principio è il medesimo del precedente solo che al posto delle texture si hanno delle immagini fotografiche campionate.

⁴⁷Vincitrice del bando "Giubileo della Cattedrale di Santa Maria Assunta di Acqui Terme. Concorso per neolaureati 2014-2017. Partecipazione con la tesi dal titolo "La modellazione informatizzata: Dimensioni, Rappresentazione, Finalità. Caso studio: la Cattedrale di Acqui Terme". Relatore: Prof.ssa Giulia Pellegrini; Correlatore: Sara Erliche A.A.2016-2017

I due risultati sono quello tradizionale in forma grafica, costruito manualmente con riferimenti precisi a enti e figure geometriche e alla geometria descrittiva e quello digitale su base analitica con possibilità di immagini virtuali 3D.

La necessità di legare l'immagine al rilievo per avere delle ortofoto di buona qualità metrica è stata l'occasione per elaborare un modello tridimensionale texturizzato con mappature ottenute da fotoraddrizzamento digitale.

Il risultato finale è un rilievo scientifico informatizzato che possa essere implementato, nelle sue informazioni, con ulteriori dettagli.

Questo consente di elaborare ulteriori tematismi e analisi utili non solo al restauro ed alla gestione. Un documento informativo di questo tipo, puntuale e particolareggiato, è di per sé un'operazione di conoscenza e può dare risposta e porre molti interrogativi a tutti gli studiosi desiderosi di investigare per accrescere la comprensione di questo bene culturale.



Fig.42 Rilievo diretto e fotoraddrizzamento per la restituzione del prospetto principale della Cattedrale di Acqui Terme. Elaborati di Sara Domenichelli

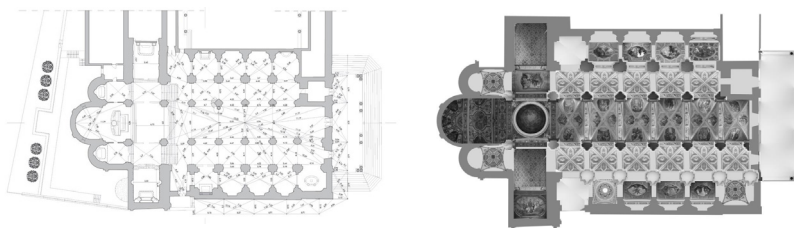


Fig.43 Messa a confronto di una pianta quotata ottenuta tramite rilievo diretto (trilaterazione) e pianta iposcopica ottenuta tramite tecniche di fotoraddrizzamento digitale. Tramite l'uso di software che utilizzano un supporto fotografico possiamo ottenere maggiori informazioni in breve tempo⁴⁸



*Fig.44 Sezione longitudinale renderizzata e spaccato longitudinale renderizzato
Elaborati di Sara Domenichelli*



Fig.45 Modellazione tridimensionale di una volta delle navate laterali riprendendo per la mappatura i concetti della geometria descrittiva proiettata in piano e modello digitale del capitello tramite modellazione della superficie in modo plastico. Elaborati di Sara Domenichelli

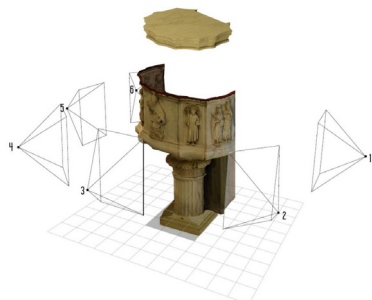


Fig.46 Esempio di creazione del modello tridimensionale del pulpito tramite l'uso di supporti fotografici. Elaborati di Sara Domenichelli

⁴⁸Elaborati di Sara Domenichelli. Sara Eliche ha curato l'aspetto sperimentale - applicativo dei software in qualità di correlatore di tesi i Laurea Magistrale in Architettura, Dipartimento Architettura e Design, Università degli Studi di Genova.

4.2 Dalla misura al modello digitale: documenti di analisi con relativi modelli materiali e immateriali della fabbrica

In tutto il territorio nazionale sono sempre più diffusi programmi di ricerca e valorizzazione del patrimonio architettonico, e in particolare di quello monumentale storico. Di conseguenza il Rilievo ha assunto una diffusione e uno status rivoluzionari rispetto al passato recente.

Oggi invece il Rilievo è divenuto, una prassi corrente e sistematica, anche se spesso compiuta in condizioni d'urgenza, per fini immediati ed in vista di esigenze particolari e contingenti. Esiste quindi il rischio che un'operazione così complessa in termini organizzativi, strumentali e quindi anche economici, finisca per non fornire materiali coerenti e soprattutto riutilizzabili in un arco di tempo sufficientemente lungo e per finalità realizzative diverse⁴⁹.

Per ovviare a ciò sarebbe importante sistematizzare i procedimenti del Rilievo in funzione di specifiche tipologie di manufatti, in ragione della loro complessità formale e dimensionale, definire i criteri da seguire nel Rilievo stesso (compreso l'impiego delle nuove tecniche legate a strumentazioni in continua evoluzione) e nella restituzione info-grafica (in modo particolare in relazione alle potenzialità dei sempre più numerosi software capaci di realizzare modelli informatici), stabilire i limiti di errore accettabili e quindi le tolleranze ammesse nelle misure acquisite, in funzione delle dimensioni degli oggetti e così via.

Il presente capitolo costituisce un tentativo di analizzare, pur consapevole della complessità dell'argomento, questo capitolo affronta con buon grado di approfondimento, il tentativo di valutare quali siano le tecniche più idonee per affrontare le particolarità correlate a tale complessità.

La riflessione teorica sulle problematiche del Rilievo e della rappresentazione trova la sua verifica applicativa nel caso studio proposto in questa tesi: Villa Ottolenghi ad Acqui Terme. Tuttavia si è ritenuto che la ricerca potesse fornire un utile contributo al dibattito in corso a livello nazionale e internazionale relativamente a tali tematiche e coinvolge numerosissimi attori.

⁴⁹M. DOCCI, Metodologie innovative integrate per il rilevamento dell'architettura e dell'ambiente[...], cit.

4.3 Rappresentazione digitale e architettura virtuale: alcune considerazioni

«[...] La “rivoluzione informatica” fenomeno pervasivo e trasversale, è senza dubbio fra gli aspetti caratterizzanti del nostro tempo ed è anche fra i principali responsabili di quell'esteso processo di modificazione cui è rapidamente sottoposta la cultura contemporanea; al suo interno è così difficile distinguere gli aspetti positivi - molti, a nostro giudizio - da quelli negativi, che tuttavia non sono pochi. Architettura, arte, letteratura, cinema, musica, fotografia, pubblicità ecc., come molti autori rilevano, partecipano e appartengono alla stessa cultura: un'esperienza collettiva, una rete di interconnessioni dove l'architettura è entrata, soprattutto, attraverso la forza delle idee, come libera espressione di utopie, programmi e narrazioni che trovano nella rappresentazione e nella sfera digitale un'essenziale forma di espressione creativa.

La non-linearità come “valore” della cultura contemporanea e l'uscita delle limitazioni dello specialismo disciplinare rappresentano, a nostro giudizio, alcune delle caratteristiche positive riscontrabili nell'era digitale: l'informazione è sempre più presente, interattiva, compilabile e disponibile in tempo reale, con sempre meno limiti e confini fra i diversi campi. Il fenomeno dell'interattività, così diffuso all'interno della cultura digitale, assieme all'ampliamento delle nostre facoltà sensoriali, potenziate dalla realtà tecno-informatica, costituisce, infatti, uno dei parametri fondamentali per comprendere quei processi che stanno profondamente modificando la sfera progettuale in generale e quella dell'ambito architettonico. [...]

[...] La tendenza verso la cosiddetta “architettura digitale”, etichetta generica che rende solo parzialmente il senso della trasformazione (creativo/visiva) in atto, delinea un passaggio da una fase - nota - a un'altra completamente diversa e ancora in buona parte sconosciuta. In altri termini, è necessario capire se questa rivoluzione evidenzia, ancora una volta, la crisi della modernità o segna piuttosto una fase di essa in cui la frammentazione delle funzioni, tipica del moderno, è sostituita dalla “sincronizzazione simultanea”, da un sistema integrato di informazioni che ci consente elaborazioni unificate di esperienze. [...]

[...] Siamo tutti d'accordo sul fatto che la digitalizzazione ha non solo profondamente modificato le nostre modalità rappresentative, ma anche radicalmente cambiato il nostro modo di pensare e dar forma

al progetto d'architettura: una rivoluzione che, come s'è detto, ha significativamente segnato gli ultimi decenni del XX secolo e ha cambiato la storia dell'architettura più recente in maniera forse irreversibile.

L'immagine dell'informazione è il medium privilegiato d'elaborazione e visualizzazione del pensiero, in un paesaggio in cui il concetto di realtà e di spazio, filtrato dall'occhio tecnologico, assume un diverso valore: si libera del peso della materia, dai vincoli del fattibile, e si apre all'esplorazione e alla conquista di nuovi spazi da rappresentare e progettare.

Il ciberspazio, integrando tutti (o, meglio, molti dei) media precedenti, ha modificato e ampliato anche la nostra concezione del mondo e, di conseguenza, anche le categorie di spazio e di tempo. Ciberspazio come un nuovo modello possibile di "spazio ideale" - dove acquisisce un diverso valore anche il senso fisico della gravità che caratterizza il nostro reale - congeniale soprattutto per comprendere, ancora una volta, che il nuovo ambito digitale apre di fronte a noi un ulteriore "luogo del progetto", portando con sé una comunicazione comunicativa molti a molti su larga scala: spazio pluridimensionale definito da una tecnologia ed espressione di una cultura. [...]

[...] Sono molti oggi gli architetti che, passato l'entusiasmo iniziale, cominciano a guardare a questa recente vicenda in maniera più cauta. Una serie di interrogativi sembra affacciarsi sempre più frequentemente fra critici e progettisti, a testimonianza del fatto che, se l'irreversibilità del digitale sembra cosa ormai certa, non altrettanto può dirsi dei suoi esiti concreti sulla spazialità architettonica. La dimensione digitale ha davvero cambiato - e per sempre - le regole del gioco, o ha solo rivestito il ruolo di un sia pur efficace make-up innovativo sul corpo sempre uguale dell'architettura e dei suoi problemi? Ha effettivamente inaugurato nuovi ambiti stilistici o si è invece limitata, per ora, a riproporre un'aggiornata visione delle avanguardie che, in maniera diversa, hanno attraversato l'intero Novecento? E poi, la virtualizzazione dell'architettura ha effettivamente ridotto il gap tra i progettisti operanti in aree culturali in cui è più difficile costruire (pensiamo per esempio, l'Olanda) o costituisce invece una fuga mundi che ci allontana ancor più dalla dimensione concreta del fare l'architetto? La circolazione dell'architettura on line è un modo più rapido e democratico per far circolare idee ed elaborati progettuali, immagini e soluzioni linguistiche innovative o è invece, ancora una volta, uno strumento al servizio più o

meno esclusivo delle società e dei gruppi che detengono il potere? [.]
[...] La strumentazione a disposizione della creatività dell'uomo non è stata mai neutrale e non può che, di volta in volta, incidere più o meno profondamente sulla sua produzione. Ciò è storicamente noto (il medium è il messaggio, diceva Marshall McLuhan) e ampiamente condiviso: tutto il positivo come tutto il negativo sono peraltro sempre insiti nelle potenzialità stesse dello strumento. Per giungere a una prima provvisoria sintesi, possiamo dire, in breve, che se è cosa certa che il computer sia uno "strumento", considerarlo solo in quanto tale vuol dire rischiare l'ovvietà se non l'erroneità del luogo comune. Registriamo da un lato usi (e abusi) dei "processi di automatizzazione" dell'informazione - che generano giustificati dubbi e timori - dall'altro, ed è questo l'aspetto che più ci interessa sperimentare e dibattere, l'aspirazione ad ampliare, attraverso le tecnologie digitali, le nostre immagini e il nostro immaginario e, quindi, il nostro rapporto conoscitivo, progettuale e creativo con il mondo.

Il vero progetto della cultura digitale, ed è qui la grande opportunità, è contribuire ad allargare le capacità dei nostri sensi, per vedere la realtà quotidiana o i nostri sogni inconsci, per prevedere e progettare il mondo che verrà. In altre parole, per ampliare il "campo del visibile". Le conquiste del digitale" sono pronte e disponibili alla ricerca di ulteriori applicazioni che rimandano ad altro da sé. I confini tracciati dalla rivoluzione digitale sembrano così tendere, in primo luogo, proprio a un simile progressivo ampliamento. [...]

[...] "Essere digitali" e rappresentare/progettare in "digitale", non significa solo usare il computer, ma, soprattutto, interpretare e vivere la società dell'elettronica, a tutti i livelli: come ha scritto Tomàs Maldonado, "non una fuga mundi, ma una creatio mundi"⁵⁰

L'architettura virtuale è una disciplina in evoluzione che risulta dalla convergenza di dati mappati e simulazione, produzione della forma digitale, "architettura" dell'informazione, costruzioni e teoria della realtà virtuale. Le architetture convenzionali tendono a basarsi sulla permanenza e certezza geometrica, mentre l'architettura virtuale utilizza tecnologie digitali per allargare gli eventi reali, il tempo e lo spazio⁵¹.

Nella storia dell'architettura, la rappresentazione - distinguibile sia

⁵⁰Livio SACCHI, Maurizio UNALI, Introduzione, in Livio SACCHI, Maurizio UNALI (a cura di), Architettura e cultura digitale, Skira, Milano 2003, pp. 9-11.

⁵¹Hani RASHID, Architettura virtuale - spazio reale, in L. SACCHI, M. UNALI (a cura di), Architettura e cultura digitale [...], cit., p. 169.

attraverso la modellazione, o tramite altre forme di simulazione - è sempre stata parte del repertorio della concettualizzazione e del concepimento dello spazio da parte dell'architetto. Claude Nicholas Ledoux⁵², Etienne-Louis Boullée⁵³, Piranesi⁵⁴, Bruno Taut⁵⁵ e El Lissitzky⁵⁶ sono tuttavia fra i pochi esempi di architetti il cui lavoro può essere pensato in un contesto attuale come primo e importante esempio di architettura virtuale. Il Campo Marzio di Piranesi, per esempio, può essere reinterpretato come un ambiente di dati in cui gli edifici e le architetture che egli presagì rappresentano un'accumulazione idealizzata di informazioni architettoniche. Si potrebbe applicare una simile interpretazione alla pittura proto-surrealista di Bosh e Grunewald. Artisti e architetti hanno sempre ricercato i mezzi per rappresentare utopie, disotopie, visioni, possibilità e attualità. In molti modi, l'architettura virtuale ha i suoi intensi e profondi precedenti in queste storie di immaginazione e opere visionarie. Il computer ha unicamente esteso la nostra capacità di visualizzare e teorizzare queste entità spaziali.

⁵² de-Nicolas Ledoux (Dormans, 21 marzo 1736 – Parigi, 18 novembre 1806) è stato un architetto e urbanista francese. Ledoux è uno degli esponenti più importanti dell'architettura neoclassica. La sua straordinaria ricerca architettonica giunse ad un linguaggio semplificato ed innovatore, indirizzato verso forme pure: piramidi, sfere e cubi, che aspira a creare un'architettura "parlante", cioè simbolica, in grado di comunicare la propria funzione civile. Per un primo approccio bibliografico cfr. Daniel RABREAU, Claude Nicolas-Ledoux 1736-1806: l'architecture et les fastes du temps, Bordeaux 2000. Emil KAUFMANN, Da Ledoux a Le Corbusier, Mondadori, Milano 1973

⁵³ ClauÉtienne-Louis Boullée (Parigi, 12 febbraio 1728 – Parigi, 6 febbraio 1799) è stato un architetto e teorico dell'architettura francese del periodo neoclassico, le cui opere hanno profondamente influenzato gli architetti contemporanei. L'architetto nei suoi progetti utilizzò volumi elementari, monolitici e di scala colossale, in modo da creare edifici con un valore simbolico accentuato e drammatizzato dal gioco delle luci e ombre.

⁵⁴ Giovanni Battista Piranesi detto anche Giambattista (Mogliano Veneto [1], 4 ottobre 1720 – Roma, 9 novembre 1778) fu un architetto, incisore, scenografo, acquafortista e teorico dell'architettura italiano. Le sue tavole incise, segnate da un'intonazione drammatica, appaiono improntate ad un'idea di dignità e magnificenza tutta romana, espressa attraverso la grandiosità e l'isolamento degli elementi architettonici, in modo da pervenire ad un sublime sentimento di grandezza del passato antico. Per un primo approccio bibliografico cfr. Luca FICACCI, Giovanni Battista Piranesi: The Complete Etchings, Köln, Roma 2000. Sarah F. MACLAREN, La magnificenza e il suo doppio. Il pensiero estetico di Giovanni Battista Piranesi, Mimesis, Milano 2005.

⁵⁵ Bruno Taut (Königsberg, 4 maggio 1880 – Istanbul, 24 dicembre 1938) è stato un architetto tedesco. Cfr. Loredana CAPACCIOLI, Bruno Taut. Visione e progetto, Edizioni Kappa, Roma 1981. Domenico G. SALOTTI, Bruno Taut. La figura e l'opera, Electa Parma, 1990.

⁵⁶ El Lissitzky, pseudonimo di Lazar' (o Eliezer) Markovič Lisickij (Počinok, 13 novembre 1890 – Mosca, 30 dicembre 1941), è stato un pittore, fotografo, tipografo architetto e grafico russo. Esponente dell'avanguardia russa, aderì dapprima alla corrente del suprematismo, con l'amico Kazimir Malevič. Successivamente, insieme ad Aleksandr Rodčenko, si diede alla sperimentazione, unendosi al movimento costruttivista. Adoperò le tecniche del fotomontaggio e del collage, molto spesso a scopo propagandistico. Lavorò a pubblicità e manifesti divulgativi per l'Unione Sovietica durante gli anni dei conflitti mondiali. Nel 1921 fu nominato ambasciatore della Russia sovietica della cultura nella Germania della Repubblica di Weimar.

« [...] L'architettura virtuale è forse compresa al massimo come spazialità basata sull'alterazione della realtà, flusso mappato e sulle possibilità di trasformazione della geometria all'interno di questi domini. [...]»⁵⁷

E' il caso di citare alcuni esempi significativi di architettura, Beni Culturali e virtualità. Il primo esempio potrebbe essere Il Museo Guggenheim Virtuale⁵⁸ (GMV) commissionato dal Solomon Guggenheim di New York, un progetto di un museo in Internet per la dimostrazione e la divulgazione dell'arte digitale e dell'arte prodotta da Internet, anticipando un futuro dove nuove forme espressive richiederanno inevitabilmente metodi di esposizione, collezione e uso nuovi e profondamente differenti. Il nuovo museo sul web celebra nuove possibilità per l'architettura e l'esperienza, quali la fluidità, l'immersione e la ripetizione. Per il momento questi concetti sono possibili solo nel ciberspazio⁵⁹ e per mezzo della realtà virtuale.

Poichè il GMV è un'interfaccia digitale multidimensionale contenenti elementi visivi in forma di opere commissionate da artisti, permette una situazione in cui l'architettura virtuale sta accanto all'esperienza dell'architettura attuale.

La forma dell'edificio, progettata da Hani Rashid e Lise Anne Couture, gli architetti dello studio Asympote, si ispira al design della famosa spirale di Frank Lloyd Wright del Solomon, ma sarà in continua trasformazione a seconda dei movimenti dell'utente e potrà essere ruotata interagendo con la particolare barra di navigazione⁶⁰.

A questo punto risulta opportuno rammentare il concetto espresso da Maurizio Unali, personaggio chiave nel panorama nazionale che studia da tempo tali temi, sull'architettura come "Opera Aperta":

« [...] Il fenomeno dell'interattività, diffuso dalla cultura digitale, insieme all'ampliamento delle nostre facoltà sensoriali, potenziate dalla realtà

⁵⁷ Hani RASHID, Architettura virtuale - spazio reale, in L. SACCHI, M. UNALI (a cura di), Architettura e cultura digitale [...], cit., p. 169.

⁵⁸ Acronimo di Guggenheim Virtual Museum.

⁵⁹ Il cyberspazio o ciberspazio è il dominio caratterizzato dall'uso dell'elettronica e dello spettro elettromagnetico per immagazzinare, modificare e scambiare informazioni attraverso le reti informatiche e le loro infrastrutture fisiche. È visto come la dimensione immateriale che mette in comunicazione i computer di tutto il mondo in un'unica rete che permette agli utenti di interagire tra loro, ossia come lo "spazio concettuale" dove le persone interagiscono usando tecnologie per la comunicazione mediata dal computer (computer mediated communication, CMC). È oggi comunemente utilizzato per riferirsi al "mondo di Internet" in senso generale. Il termine compare nella prima metà degli anni ottanta nella fantascienza cyberpunk di William Gibson, dove il ciberspazio comprende vari tipi di realtà virtuale condivisa da utenti profondamente immersi in tali dimensioni.

⁶⁰ Hani RASHID, Architettura virtuale - spazio reale, in L. SACCHI, M. UNALI (a cura di), Architettura e cultura digitale [...], cit., pp.170-171.

tecnico- informatica , costituisce una delle dimensioni fondamentali per comprendere quei processi che stanno profondamente modificando i contenuti progettuali e le forme della rappresentazione del pensiero architettonico contemporaneo.

Questo approccio all'argomento ci consente di relazionare il nostro corpo e lo spazio della cosiddetta "realtà fisica", con l'ambiente digitale. Significa progettare informazioni (in forma di immagini), nella consapevolezza di poter "agire" in termini di scambio di contenuti tra lo spazio fisico reale e lo spazio-tempo digitale.

La possibilità di interconnettere e fare interagire "materialmente" individui, informazioni, forme e significati progettuali è, infatti, uno dei parametri per verificare e valutare la soglia d'interattività innescata da un medium digitale: per l'architetto e per la pratica del progetto in ambienti digitali, interattività significa anche questo. [...]

[...] L'interattività è la "dimensione tattile del ciberspazio", come afferma Derrick de Kerchove⁶¹che, analizzando l'interazione mente-schermo all'atto della navigazione Web, associa la dimensione tattile del cliccare e penetrare strati e strati di informazioni, con il processo multisensoriale del pensare. [...]

[...] Del resto l'architettura è per sua natura "opera interattiva. Il più semplice livello di interazione e il più facilmente percepibile, è riferito, ad esempio, al dinamico processo di trasformazione che l'organismo architettonico costruito vive nel tempo attraverso l'uso e nella sua evoluzione, ed è registrato quotidianamente dalla realtà. Il più complesso riguarda la capacità del progetto di recepire i cambiamenti dell'ambiente e della cultura, e di riprodurli attraverso l'invenzione, o meglio, di interpretarli, di rappresentarli in forme visibili attraverso la creatività. Ciò comporta, inevitabilmente, l'osservazione di una serie di eventi, molto spesso imprevedibili, che aumentano la complessità e che generano delle mutazioni. [...]

⁶¹ Derrick de KERCHOVE, L'architettura dell'intelligenza, Testo&Immagine, Torino 2001, p. 76